



Docket No. 1232-5214

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): Tadao Endo

Group Art Unit: TBA

Serial No.: 10/719,123

Examiner: TBA

Filed: November 21, 2003

For: RADIOGRAPHIC APPARATUS

CERTIFICATE OF MAILING (37 C.F.R. §1.8(a))

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

I hereby certify that the attached:

1. Claim to Convention Priority w/ document
2. Return postcard receipt

along with any paper(s) referred to as being attached or enclosed and this Certificate of Mailing are being deposited with the United States Postal Service on date shown below with sufficient postage as first-class mail in an envelope addressed to the: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

Respectfully submitted,
MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.

Dated: January 12, 2004

By: _____

Helen Tiger
Helen Tiger

Correspondence Address:

MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.
345 Park Avenue
New York, NY 10154-0053
(212) 758-4800 Telephone
(212) 751-6849 Facsimile



Docket No. 1232-5214

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): Tadao Endo

Group Art Unit: TBA

Serial No.: 10/719,123

Examiner: TBA

Filed: November 21, 2003

For: RADIOGRAPHIC APPARATUS

CLAIM TO CONVENTION PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In the matter of the above-identified application and under the provisions of 35 U.S.C. §119 and 37 C.F.R. §1.55, applicant(s) claim(s) the benefit of the following prior application(s):

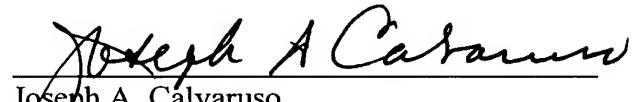
Application(s) filed in: JAPAN
In the name of: Canon Kabushiki Kaisha
Serial No.: 2002/339,817
Filing Date: November 22, 2002

☒ Pursuant to the Claim to Priority, applicant(s) submit(s) a duly certified copy of said foreign application.

Respectfully submitted,
MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.

Dated: January 17, 2004

By:


Joseph A. Calvaruso
Registration No. 28,287

Correspondence Address:

MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.
345 Park Avenue
New York, NY 10154-0053
(212) 758-4800 Telephone
(212) 751-6849 Facsimile

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 1 月 2 2 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 3 9 8 1 7
Application Number:

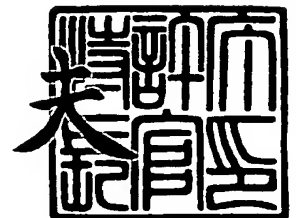
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 3 3 9 8 1 7]

出 願 人 キヤノン株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 226099

【提出日】 平成14年11月22日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04N 5/00

【発明の名称】 放射線撮像装置

【請求項の数】 1

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

【氏名】 遠藤 忠夫

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100090273

【弁理士】

【氏名又は名称】 國分 孝悦

【電話番号】 03-3590-8901

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 035493

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9705348

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 放射線撮像装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入射した放射線を電気信号に変換する変換素子と前記電気信号を転送するスイッチ素子とを含む画素が 2 次元状に配設され、前記画素を行方向に接続する制御配線と、前記スイッチ素子を介して前記変換素子からの電気信号を読み出す信号配線とを備えた変換回路部と、

前記複数の制御配線を順次に駆動させる駆動用回路部と、

前記複数の信号配線と接続し、前記変換素子からの電気信号を行毎に読み出す読み出し用回路部とを有し、

前記読み出し用回路部は、読み出しを行った前記変換素子に対して第 1 のバイアスを印加して行毎にリフレッシュを行うリフレッシュ手段と、

少なくとも 1 つのリセットスイッチを用いて前記信号配線に対して第 2 のバイアスを印加してリセットを行うリセット手段とを含むことを特徴とする放射線撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、医療用の診断や工業用の非破壊検査に用いて好適な放射線撮像装置に関する。なお、本明細書では、X 線、 γ 線などの電磁波や α 線、 β 線も放射線に含めるものとする。

【0002】

【従来の技術】

従来、病院内などに設置されている X 線撮影システムには、患者に X 線を照射し、患者を透過した X 線をフィルムに露光するフィルム撮影方式と、患者を透過した X 線を電気信号に変換してデジタル画像処理する画像処理方式とがある。

【0003】

画像処理方式のひとつに、X 線を可視光に変換する蛍光体と可視光を電気信号に変換する光電変換装置とを備えた放射線撮像装置がある。患者を透過した X 線

が蛍光体に照射され、蛍光体で可視光に変換された患者の体内情報を光電変換装置により電気信号として出力する。患者の体内情報が電気信号に変換されれば、その電気信号をADコンバータでデジタル変換し、記録、表示、印刷、診断などを行うためのX線画像情報をデジタル値として扱うことができる。

【0004】

最近では、光電変換装置にアモルファスシリコン半導体薄膜を用いた放射線撮像装置が実用化されている。

図24は、MIS型光電変換素子101とスイッチ素子102の材料にアモルファスシリコン半導体薄膜を用いて構成した従来の光電変換基板の上面図であり、それらを結線する配線を含めて表している。

【0005】

図25は、図24に示したA-B間における断面図である。以後の説明では、簡略化のために、MIS型光電変換素子は、単に光電変換素子と呼ぶことにする。

図25に示すように、光電変換素子101及びスイッチ素子102（アモルファスシリコンTFT、以下、単にTFTと記す）は同一基板103上に形成されており、光電変換素子101の下部電極は、TFT102の下部電極（ゲート電極）と同一の第1の金属薄膜層104で形成されており、また、光電変換素子102の上部電極は、TFT102の上部電極（ソース電極、ドレイン電極）と同一の第2の金属薄膜層105で形成されている。

【0006】

また、第1及び第2の金属薄膜層104、105は、図24に示した光電変換回路部内のゲート駆動用配線106及びマトリクス信号配線107にも共有して形成されている。図24においては、画素数として2×2の計4画素分を記載しており、図のハッチング部は、光電変換素子101の受光面を示している。また、109は光電変換素子101にバイアスを与える電源ラインであり、110は光電変換素子101とTFT102とを接続するためのコンタクトホールである。

【0007】

アモルファスシリコン半導体を主たる材料にした図 24 で示されるような構成を用いれば、光電変換素子 101、TF T 102、ゲート駆動用配線 106、マトリクス信号配線 107 を、同一基板上に同時に作製することができ、大面積の光電変換回路部を容易に、且つ安価に提供することができる。

【0008】

次に、光電変換素子 101 のデバイス動作について図 26 を用いて説明する。

図 26 (a) ~ (c) は、図 24, 図 25 で示した光電変換素子 101 のデバイス動作を説明するためのエネルギーバンド図である。

【0009】

図 26 (a), (b) は、それぞれリフレッシュモード及び光電変換モードにおける動作を示しており、横軸は図 25 で示した各層の膜厚方向の状態を表している。ここで、M1 は、例えば Cr などの第 1 の金属薄膜層 104 で形成された下部電極 (G 電極) である。また、アモルファス窒化シリコン ($a-SiN_x$) 絶縁薄膜層 111 は、電子とホールをともにその通過を阻止する絶縁層であり、トンネル効果をもたらさない程度の厚さが必要であり、通常は 50 nm 以上で形成される。

【0010】

水素化アモルファスシリコン ($a-Si:H$) 薄膜層 112 は、意図的にドーパントをドーピングしていない真性半導体層 (i 層) で形成された光電変換半導体層である。また、N⁺層 113 は、水素化アモルファスシリコン薄膜層 112 へのホールの注入を阻止するために形成された N 型の水素化アモルファスシリコン薄膜層などの非単結晶半導体からなる単一導電型キャリアの注入阻止層である。また、M2 は、例えば Al などの第 2 金属薄膜層 105 で形成された上部電極 (D 電極) である。

【0011】

図 25 では、上部電極である D 電極は N⁺層 113 を完全には覆っていないが、D 電極と N⁺層 113 との間は電子の移動が自由に行われるために D 電極と N⁺層 113 とは常に同電位であり、以下では、そのことを前提として説明を行う。

光電変換素子 101 のデバイス動作には、D 電極や G 電極への電圧の印可の仕

方によりリフレッシュモードと光電変換モードという2種類の動作モードがある。

【0012】

図26(a)に示すリフレッシュモードの場合には、D電極にはG電極に対して負の電位が与えられており、図中の黒丸で示したi層112中のホールは、電界によりD電極に導かれる。これと同時に、図中の白丸で示した電子は、i層112に注入される。この時、一部のホールと電子はN⁺層113、i層112において再結合して消滅する。この状態が十分に長い時間続けば、ホールはi層112から掃き出される。

【0013】

前述の状態から、図26(a)に示す光電変換モードにするためには、D電極にG電極に対し正の電位を与える。これにより、i層112中の電子は、瞬時にD電極に導かれる。しかし、ホールは、N⁺層113が注入阻止層として働くため、i層112に導かれることはない。この状態でi層112に光が入射すると、光は吸収され電子ホール対が発生する。この電子は電界によりD電極に導かれる。一方、ホールはi層112内を移動して、i層112とアモルファス窒化シリコン(a-SiN_x)絶縁薄膜層111との界面に達するが、この絶縁層111内には移動できないため、i層112内に留まることになる。この時、電子はD電極に移動し、ホールはi層内の絶縁層界面に移動するため、光電変換素子101内の電気的中性を保つためにG電極から電流が流れる。この電流は、光により発生した電子・ホール対に対応するため、入射した光に比例したものとなる。

【0014】

図26(b)に示した光電変換モードの状態をある期間保った後、再び、図26(a)のリフレッシュモードの状態になると、i層112に留まっていたホールは前述のようにD電極に導かれて、このホールに対応した電流が流れる。このホールの量は、光電変換モード期間に入射した光の総量に対応する。この時、i層112内に注入される電子の量に対応した電流も流れるが、この量はおよそ一定であるため、差し引いて検出すればよい。つまり、この光電変換素子101はリアルタイムに入射する光の量を出力すると同時に、ある期間に入射した光

の総量も検出することができる。

【0015】

しかしながら、何らかの理由により光電変換モードの期間が長くなった場合や入射する光の照度が強い場合には、光の入射があるにもかかわらず電流が流れないことがある。これは、図26(c)に示すように、i層112内にホールが多数留まり、このホールによりi層112内の電界が小さくなり、発生した電子が導かれなくなってi層112内でホールと再結合してしまうからである。この状態を光電変換素子101の飽和状態と称する。この状態で光の入射の状態が変化すると、電流が不安定に流れることもあるが、再びリフレッシュモードにすればi層112内のホールは掃き出されるため、次の光電変換モードでは再び光に比例した電流が流れる。

【0016】

また、前述の説明において、リフレッシュモードでi層112内のホールを掃き出す場合には、すべてのホールを掃き出すのが理想であるが、一部のホールを掃き出すだけでも効果があり、前述と等しい電流が得られて何ら問題はない。つまり、次の光電変換モードでの検出機会において、図26(c)の飽和状態になっていなければよく、リフレッシュモードでのD電極のG電極に対する電位、リフレッシュモードの期間及びN⁺層113の注入阻止層の特性を決めればよい。

【0017】

また、更にリフレッシュモードにおいて、i層112への電子の注入は必要条件でなく、D電極のG電極に対する電位は負に限定されるものでもない。ホールが多数i層112に留まっている場合には、たとえD電極のG電極に対する電位が正の電位であっても、i層112内の電界はホールをD電極に導く方向に加わるからである。また、注入阻止層であるN⁺層113の特性も同様に電子をi層112に注入できることが必要条件ではない。

【0018】

図27は、光電変換素子101とTF T102とを備えて構成される画素の1画素分の従来における光電変換回路図である。

図27において光電変換素子101は、i層からなる容量成分C_iと注入阻止

層からなる容量成分 C_{SiN} とを含んでいる。また、 i 層と注入阻止層との接合点（図27中のノードN）は、光電変換素子101が飽和状態になった時、すなわちD電極とノードNの間（ i 層）に電界がない（小さい）状態になった時、光によって生成された電子とホールとが再結合するために、ホールキャリアをN部に蓄えることができなくなる。

【0019】

つまり、ノードNの電位は、D電極の電位より高くなることはない。この飽和状態における動作を具現化するために、図27ではダイオード（D1）を容量成分 C_i に並列に接続している。すなわち、光電変換素子101は、容量成分 C_i 、容量成分 C_{SiN} 、ダイオードD1の3つの構成要素を有している。

【0020】

図28は、図27に示した画素の1画素分の光電変換回路における動作を示すタイミングチャートである。以下に、図27、図28を用いて、光電変換素子101とTFT102で構成される画素の回路動作を説明する。

【0021】

まず、リフレッシュ動作を説明する。

図27において、 V_s を9V、 V_{ref} を3Vに設定する。リフレッシュ動作は、スイッチSW-Aを V_{ref} 、スイッチSW-Bを V_g （on）、スイッチSW-Cをオンにする。この状態にすることにより、D電極は V_{ref} （6V）にバイアスされ、G電極はGND電位にバイアスされ、ノードNは最大 V_{ref} （6V）にバイアスされる。ここで、最大というのは、今回のリフレッシュ動作以前の光電変換動作により、ノードNの電位が既に V_{ref} 以上の電位まで蓄積されていた場合、ダイオードD1を介し V_{ref} にバイアスされる。一方、以前の光電変換動作によりノードNの電位が V_{ref} 以下であった場合、本リフレッシュ動作により V_{ref} の電位にバイアスされることはない。実際の使用にあたっては、複数回の光電変換動作を過去に繰り返していれば、ノードNは、本リフレッシュ動作により事実上 V_{ref} （6V）にバイアスされると言うてよい。

【0022】

続いて、ノードNが V_{ref} にバイアスされた後に、スイッチSW-Aを V_s 側に

切り替える。これにより、D電極は V_s (9 V) にバイアスされる。このリフレッシュ動作により、光電変換素子 1 0 1 のノード N に蓄えられていたホールキャリアが D 電極側へ一掃されたことになる。

【 0 0 2 3 】

次に、X-ray 照射期間について説明する。

図 2 8 に示すように、X 線をパルス状に照射する。検出体を透過した X 線が蛍光体 F 1 に照射され、可視光に変換される。蛍光体 F 1 からの可視光は、半導体層 (i 層) に照射され光電変換される。光電変換により生成されたホールキャリアは、ノード N に蓄積され電位を上昇させる。T F T 1 0 2 はオフした状態なので、G 電極側の電位も同じ分だけ上昇する。

【 0 0 2 4 】

wait 期間は、リフレッシュ期間と X-ray 照射期間の間に設けられている。特に何かを動作させているわけではなく、リフレッシュ動作直後の暗電流などで光電変換素子 1 0 1 の特性が不安定な状態にある場合、緩和するまでに何も動作させないために設けられた待機期間である。光電変換素子 1 0 1 がリフレッシュ動作直後に不安定な特性がない場合、特に wait 期間を設ける必要はない。

【 0 0 2 5 】

次に、転送動作について説明する。

転送動作は、スイッチ SW-B を V_g (o n) 側にして、T F T 1 0 2 をオン状態にする。これにより X-ray 照射により蓄えられたホールキャリアの量 (S_h) に対応する電子キャリア (S_e) が、 C_2 側から T F T 1 0 2 を介して G 電極側に流れ、読み出し容量 C_2 の電位を上昇させる。この時、 S_e と S_h との関係は、 $S_e = S_h \times C_{SiN} / (C_{SiN} + C_i)$ である。読み出し容量 C_2 の電位は、同時にアンプを介し増幅して出力される。T F T 1 0 2 は、信号電荷を十分に転送するに足りる時間だけオンさせ、やがてオフさせる。

【 0 0 2 6 】

最後に、リセット動作について説明する。

リセット動作はスイッチ SW-C をオンさせ、読み出し容量 C_2 を G N D 電位にリセットして次の転送動作に備える。

【0027】

図29は、従来の光電変換装置の2次元回路図である。

図29では説明を簡略化するために、 $3 \times 3 = 9$ 画素分のみを記載している。 $S1-1 \sim S3-3$ は光電変換素子、 $T1-1 \sim T3-3$ はスイッチ素子（TFT）、 $G1 \sim G3$ はTFT（ $T1-1 \sim T3-3$ ）をオン／オフさせるためのゲート配線、 $M1 \sim M3$ は信号配線、 V_s 線は光電変換素子 $S1-1 \sim S3-3$ に蓄積バイアスを与えたり、リフレッシュバイアスを与えたりするための配線である。

【0028】

光電変換素子 $S1-1 \sim S3-3$ の黒く塗りつぶされた側の電極はG電極であり、対向側はD電極である。また、D電極は V_s 線の一部と共有しているが、光を入射させる都合上、薄い N^+ 層をD電極として利用している。光電変換素子 $S1-1 \sim S3-3$ 、TFT（ $T1-1 \sim T3-3$ ）、ゲート配線 $G1 \sim G3$ 、信号配線 $M1 \sim M3$ 、 V_s 線、これらを総じて光電変換回路部100と称する。

【0029】

V_s 線は、電源 V_s や電源 V_{ref} によりバイアスされ、これらはVSCのコントロール信号により切り替えられる。 $SR1$ はゲート配線 $G1 \sim G3$ に駆動用のパルス電圧を与えるシフトレジスタであり、TFT（ $T1-1 \sim T3-3$ ）をオンさせる電圧は外部から供給する。このとき供給される電圧は、電源 $V_{g(on)}$ により決定される。

【0030】

読み出し用回路部200は、光電変換回路部100内の信号配線 $M1 \sim M3$ の並列信号出力を増幅し、直列変換して出力する。

$RES1 \sim RES3$ は信号配線 $M1 \sim M3$ をリセットするスイッチ、 $A1 \sim A3$ は信号配線 $M1 \sim M3$ の信号を増幅するアンプ、 $CL1 \sim CL3$ はアンプ $A1 \sim A3$ で増幅された信号を一時的に蓄積するサンプルホールド容量、 $Sn1 \sim Sn3$ はサンプルホールドを行うためのスイッチ、 $B1 \sim B3$ はバッファアンプ、 $Sr1 \sim Sr3$ は並列信号を直列変換するためのスイッチ、 $SR2$ はスイッチ $Sr1 \sim Sr3$ に直列変換するためのパルスを与えるシフトレジスタ、 Ab は直列

変換された信号を出力するバッファアンプである。

【0031】

図30は、図29に示した光電変換装置の動作を示すタイミングチャートである。以下、このタイミングチャートを用いて図29の光電変換装置の動作について説明する。

【0032】

制御信号VSCは、Vs線すなわち光電変換素子S1-1～S3-3のD電極に、2種類のバイアスを与えるためのものである。D電極は、制御信号VSCが“Hi”の時にVref(V)になり、制御信号VSCが“Lo”の時にVs(V)になる。読み取り用電源Vs(V)、リフレッシュ用電源Vref(V)は、それぞれ直流電源である。

【0033】

まず、リフレッシュ期間の動作について説明する。

シフトレジスタSR1の信号をすべて“Hi”で、かつ読み出し用回路部200のCRES信号を“Hi”の状態にする。このようにすると、スイッチング用の全TFT(T1-1～T3-3)が導通し、かつ読み出し用回路200内のスイッチ素子RES1～RES3も導通し、全光電変換素子S1-1～S3-3のG電極がGND電位になる。そして、制御信号VSCが“Hi”になると、全光電変換素子S1-1～S3-3のD電極がリフレッシュ用電源Vrefにバイアスされた状態(負電位)になる。これにより、全光電変換素子S1-1～S3-3はリフレッシュモードとなり、リフレッシュが行われる。

【0034】

次に、光電変換期間について説明する。

制御信号VSCが“Lo”の状態に切り替わると、全光電変換素子S1-1～S3-3のD電極は読み取り用電源Vsにバイアスされた状態(正電位)になる。このようにすると、光電変換素子S1-1～S3-3は光電変換モードになる。この状態でシフトレジスタSR1の信号をすべて“Lo”で、かつ読み出し用回路部200のCRES信号を“Lo”の状態にする。これにより、スイッチング用の全TFT(T1-1～T3-3)がオフし、かつ読み出し用回路200内

のスイッチ素子RES1～RES3もオフし、全光電変換素子S1-1～S3-3のG電極は、直流的にはオープン状態になるが、光電変換素子S1-1～S3-3は容量成分も構成要素として有しているために電位は保持される。

【0035】

ここまでの時点では、光電変換素子S1-1～S3-3に光が入射されていないために電荷は発生しない。すなわち電流は流れない。この状態で、光源がパルス状にオンすると、それぞれの光電変換素子S1-1～S3-3のD電極（N⁺電極）に光が照射され、いわゆる光電流が流れる。光源については、図に記載はしていないが、例えば、複写機であれば蛍光灯、LED、ハロゲン灯等である。X線撮影装置であれば文字通りX線源であり、この場合はX線可視変換用のシンチレータを用いればよい。また、光によって流れた光電流は、電荷としてそれぞれの光電変換素子内S1-1～S3-3に蓄積され、光源がオフ後も保持される。

【0036】

次に、読み出し期間について説明する。

読み出し動作は、1行目の光電変換素子S1-1～S1-3、続いて、2行目の光電変換素子S2-1～S2-3、続いて、3行目の光電変換素子S3-1～S3-3の順で行われる。

【0037】

まず、1行目の光電変換素子S1-1～S1-3を読み出すためにスイッチ素子（TFT）T1-1～T1-3のゲート配線G1にシフトレジスタSR1からゲートパルスを与える。この時、ゲートパルスのハイレベルは、外部から供給されている電圧V（on）である。これにより、TFT（T1-1～T1-3）がオン状態になり、光電変換素子S1-1～S1-3に蓄積されていた信号電荷が、信号配線M1～M3に転送される。

【0038】

信号配線M1～M3には、特に図29中には記載していないが読み出し容量が付加されており、信号電荷はTFT（T1-1～T1-3）を介し、読み出し容量に転送されることになる。例えば、信号配線M1の付加されている読み出し容

量は、信号配線M1に接続されている各TFT (T1-1~T3-1) のゲート・ソース間の電極間容量 (Cgs) の総和 (3個分) であり、図27におけるC₂に相当する。また、信号配線M1~M3に転送された信号電荷は、アンプA1~A3で増幅される。そしてCRES信号をオンさせることにより、サンプルホールド容量CL1~CL3に転送され、CRES信号をオフするとともにホールドされる。

【0039】

続いて、シフトレジスタSR2からスイッチSr1, Sr2, Sr3の順番で、パルスを印加することにより、サンプルホールド容量CL1~CL3にホールドされていた信号が、サンプルホールド容量CL1, CL2, CL3の順でアンプAbから出力される。結果として、光電変換素子S1-1, S1-2, S1-3の1行分の光電変換信号が順次出力される。2行目の光電変換素子S2-1~S2-3の読み出し動作、3行目の光電変換素子S3-1~S3-3の読み出し動作も同様に行われる。

【0040】

1行目のSMP L信号により信号配線M1~M3の信号をサンプルホールド容量CL1~CL3にサンプルホールドすれば、信号配線M1~M3をCRES信号によりGND電位にリセットし、その後、ゲート配線G2にゲートパルスを印加することができる。すなわち、1行目の信号を、シフトレジスタSR2にて直列変換動作をする間に、同時に2行目の光電変換素子S2-1~S2-3の信号電荷をシフトレジスタSR1にて転送することができる。

以上の動作により、第1行から第3行までの全ての光電変換素子S1-1~S3-3の信号電荷を出力することができる。

【0041】

前述したX線撮像装置の動作は、リフレッシュ動作を行い、X線を照射し、そして読み出し動作を行うことにより、いわば1枚の静止画像を取得するための動作である。また、連続した動画像を取得する場合には、図30に示したタイミングチャートを取得したい動画の枚数分だけ繰り返して動作させればよい。

【0042】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特に画素数が多いX線撮像装置で動画像を得ようとした場合には、更なるフレーム周波数の改善が必要となってくる。光電変換素子のリフレッシュ動作が全光電変換素子共通のV_s線を介して行われる場合には、1フレームに1回のリフレッシュ期間を設けることが必須となる。これは、特に動画画像を取得する際に、フレーム周波数が小さくなる、すなわち動作スピードが遅くなるという問題を生じる。

【0043】

一般的に、胸部の単純撮影において必要とされるスペックとして、撮影領域が40cm角以上、画素ピッチが200 μ m以下と言われている。仮に、撮影領域を40cm角、画素ピッチを200 μ mとしてX線撮像装置を作製した場合には、光電変換素子の数が4百万個にも及ぶ。こういった大多数の画素を、一括でリフレッシュすることは、リフレッシュ時に流れる電流も大きくなるため、X線撮像装置のGNDや電源ラインの電圧変動を大きくすることになり、安定した撮像を行うことができない。

【0044】

要求される画像によっては、これらの電圧変動分が緩和するまでX線の照射の待ち時間を設ける必要もある。図30には記載していないが、図28におけるwait期間がそれに相当する。つまり、光電変換装置を一括でリフレッシュすることは、1フレームに1回のリフレッシュ期間を設けるだけでなく、1フレームに1回のwait期間をも必要となる。

【0045】

本発明は前述の問題点にかんがみてなされたもので、GNDや電源ラインの電圧変動を抑え、かつフレーム毎の待機期間を無くして、安定かつ高速な動画撮影を行うことができる放射線撮像装置を実現することを目的とする。

【0046】

【課題を解決するための手段】

本発明の放射線撮像装置は、入射した放射線を電気信号に変換する変換素子と前記電気信号を転送するスイッチ素子とを含む画素が2次元状に配設され、前記

画素を行方向に接続する制御配線と、前記スイッチ素子を介して前記変換素子からの電気信号を読み出す信号配線とを備えた変換回路部と、前記複数の制御配線を順次に駆動させる駆動用回路部と、前記複数の信号配線と接続し、前記変換素子からの電気信号を行毎に読み出す読み出し用回路部とを有し、前記読み出し用回路部は、読み出しを行った前記変換素子に対して第1のバイアスを印加して行毎にリフレッシュを行うリフレッシュ手段と、少なくとも1つのリセットスイッチを用いて前記信号配線に対して第2のバイアスを印加してリセットを行うリセット手段とを含むことを特徴とするものである。

【0047】

本発明は前記技術手段を有するので、駆動用回路部（シフトレジスタ）により任意の1つの制御配線における変換素子からの電気信号を行毎に転送して読み出した後、次の制御配線における電気信号を転送して読み出すまでの間に、その読み出しの終了した制御配線における変換素子を行毎にリフレッシュを行うことができるため、連続した動画像を取得するときにリフレッシュ期間を設ける必要を回避することができる。これにより、動画像を取得する際のフレーム周波数を大きくすることができ、動画撮影の高速化を図ることができる。また、変換素子を行毎にリフレッシュすることにより、全変換素子を一括してリフレッシュを行う場合と比較してリフレッシュ時の暗電流（過渡電流）を小さくすることができ、GNDや電源ラインの電圧変動を抑えることができるとともに、その電圧変動を緩和させるための待ち時間を設けなくて済むようになる。

【0048】

【発明の実施の形態】

次に、本発明の放射線撮像装置の実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、本実施形態では、放射線撮像装置として従来例と同様のMIS型光電変換素子とスイッチ素子の半導体材料にアモルファスシリコン半導体薄膜を用いた光電変換素子アレイが形成された基板を有する装置を例に挙げて説明する。

【0049】

（第1の実施形態）

図1は、本発明の第1の実施形態におけるX線撮像装置の1画素分の等価回路

図である。

図1に示すように、光電変換素子101は、半導体光電変換層としての水素化アモルファスシリコンなどのi層からなる容量成分 C_i と、アモルファス窒化シリコンなどの絶縁層（両導電型のキャリアの注入阻止層）からなる容量成分 C_{SiN} とを含んでいる。また、i層と絶縁層との接合点（図1中のノードN）は、光電変換素子101が飽和状態になった時、すなわちD電極とノードNの間（i層）に電界がない（小さい）状態になった時、光によって生成された電子とホールとが再結合するために、ホールキャリアがN部に蓄えることができなくなる。

【0050】

つまり、ノードNの電位は、D電極の電位より高くなることはない。この飽和状態における動作を具現化するために、図1ではダイオード(D1)を容量成分 C_i に並列に接続している。すなわち、光電変換素子101は容量成分 C_i 、容量成分 C_{SiN} 、ダイオードD1の3つの構成要素を有している。

【0051】

TFT102は、薄膜トランジスタ（Thin Film Transistor）でスイッチ素子である。 V_s は、光電変換素子101のD電極にバイアスを与えるための電源である。また、 C_2 は、信号配線に付加される読み出し容量である。

【0052】

FLは、X線波長を可視領域波長に変換するための波長変換用の蛍光体であり、直接又は間接的にTFT102と密着した位置に配置されている。蛍光体FLの母体材料には、 Gd_2O_2S や Gd_2O_3 などを用い、発光中心には Tb^{3+} や Eu^{3+} などの希土類元素が用いられる。また、 $CsI:Tl$ や $CsI:Na$ 等、 CsI を母体材料に用いた蛍光体も用いられる。

【0053】

スイッチSW-Cは、読み出し容量 C_2 （信号配線）をリセットバイアス V_{reset} にリセットするためのリセットスイッチ、スイッチSW-Eは、光電変換素子（G電極）をリフレッシュバイアス $V_{refresh}$ にリフレッシュするためのスイッチであり、それぞれRC1信号、RC2信号により制御される。また、 V_{gon} はTFT102をオンさせ信号電荷を読み出し容量 C_2 に転送する

ための電源、 $V_g(\text{off})$ は T F T 1 0 2 をオフさせるための電源であり、スイッチ S W - D は、電源 $V_g(\text{on})$ と電源 $V_g(\text{off})$ とを切り替えるスイッチである。

【0054】

また、光電変換素子 1 0 1 をリフレッシュする場合、スイッチ S W - E をオンすることによりリフレッシュバイアスを導通させると同時に、スイッチ S W - D を電源 $V_g(\text{on})$ 側にしなければならない。

【0055】

図 2 は、図 1 に示した X 線撮像装置の 1 画素分の回路動作を示すタイミングチャートである。

図 1、図 2 を用いて、光電変換素子 1 0 1 と T F T 1 0 2 を備える画素の 1 画素分の回路動作を説明する。

【0056】

まず、X-ray 照射期間について説明する。

図 2 に示すように、X 線をパルス状に照射する。被検体を透過した X 線が蛍光体 F L に照射され、可視光に変換される。蛍光体 F L からの可視光は、半導体層 (i 層) に照射され光電変換される。光電変換により生成されたホールキャリアは、i 層と絶縁層 (注入阻止層) 界面に蓄えられ、ノード N の電位を上昇させる。T F T 1 0 2 はオフした状態なので、G 電極側の電位も同じ分だけ上昇する。なお、X-ray 照射期間では、スイッチ S W - D は $V(\text{off})$ 側に、スイッチ S W - C とスイッチ S W - E はオフにする。

【0057】

次に、転送動作について説明する。

転送動作は、スイッチ S W - D を $V_g(\text{on})$ 側にして、T F T 1 0 2 をオン状態にする。これにより X-ray 照射により蓄えられたホールキャリアの量 (S_h) に対応する電子キャリア (S_e) が、C₂ 側から T F T 1 0 2 を介して G 電極側に流れ、読み出し容量 C₂ の電位を上昇させる。この時、 S_e と S_h との関係は、 $S_e = S_h \times C_{SiN} / (C_{SiN} + C_i)$ である。

【0058】

読み出し容量 C_2 の電位は、主として信号配線に接続される全ての TFT102 の電極間容量からなる容量で構成されるため、光電変換素子 101 の容量に比べ十分に大きい。従って、電荷転送後の読み出し容量 C_2 の電位上昇分 (ΔV_{C_2}) は、G 電極の電位下降分 (ΔV_G) に比べて十分に小さい。すなわち、転送後の読み出し容量 C_2 の電位は、 $V(\text{reset}) + \Delta V_{C_2}$ であるが、ほぼ $V(\text{reset})$ に近い電位を示している。同時に読み出し容量 C_2 の電位は、アンプを介し増幅して出力される。図 1 では、アンプ (AMP) を最も基本的な形で表記しているが、増幅回路として機能させる。リセットバイアス $V(\text{reset})$ は、信号成分ではないために別途キャンセルされ、純粋な信号成分である ΔV_{C_2} のみが信号として扱われる。

【0059】

次に、リフレッシュ動作について説明する。

図 2 のタイミングチャートでは、図 1 に示す等価回路図において、 $V_s = 9$ (V), $V_g(\text{reset}) = 2$ (V), $V(\text{refresh}) = 6$ (V) で、かつ容量成分 C_i と容量成分 C_{SiN} とが等しい場合の D 電極, G 電極, ノード N の電位を表記している。

リフレッシュ動作は、RC1 信号によりスイッチ SW-C をオフ状態にし、RC2 信号によりスイッチ SW-E をオン状態にし、スイッチ SW-D を $V_g(\text{on})$ 側にする。このようにすると、光電変換素子 101 の G 電極は、信号が転送されたときの電位 ($V(\text{reset}) + \Delta V_{C_2} \div V(\text{reset}) = 2$ (V)) から、リフレッシュバイアス $V(\text{refresh}) = 6$ V に上昇する。これと同時に、ノード N の電位も上昇するが $V_s = 9$ V を超えることはない。ノード N の電位を上昇させることにより、ノード N に蓄えられた信号電荷 (ホールキャリア) の一部が、D 電極側に吐き出され、光電変換素子 101 のリフレッシュ動作が行われる。

【0060】

次に、リセット動作について説明する。

リセット動作は、スイッチ SW-D を $V_g(\text{on})$ 側の状態で、RC1 信号によりスイッチ SW-C をオン状態にし、RC2 信号によりスイッチ SW-E をオフ状態にする。このようにすると、光電変換素子 101 の G 電極及び信号配線 C

2は、リセットバイアスV (reset) にリセットされる。これと同時に、ノードNの電位は、リフレッシュ動作時の電位（図2では9 V）から減衰する。その減衰量 ΔV_N は、容量成分 C_i と容量成分 C_{SiN} との容量が等しい場合にV (refresh)とV (reset)との電位差の $1/2$ になり、本説明では、2 V分減少する。また、ノードNの減衰量 ΔV_N は、次回の光電変換動作で蓄えられるホールキャリアの量を決定する。

【0 0 6 1】

ここで、従来例を示す図28ではwait期間を設けているが、図2のタイミングチャートでは設けていない。その理由について以下に、図3，図4を用いて説明する。

図3は、第1の実施形態におけるX線撮像装置の等価回路図である。図3では、光電変換回路部10に2次元状に配置された画素を、説明を簡略化するために $3 \times 3 = 9$ 画素分のみを記載している。

【0 0 6 2】

図3に示すS1-1～S3-3は光電変換素子、T1-1～T3-3はスイッチ素子（TFT）、G1～G3はTFT（T1-1～T3-3）をオン／オフさせるためのゲート配線、M1～M3は信号配線、Vs線は光電変換素子に蓄積バイアスを与えるための配線である。

【0 0 6 3】

光電変換素子S1-1～S3-3の黒く塗りつぶされた側の電極はG電極であり、対向側はD電極である。また、D電極はVs線の一部と共有しているが、光を入射させる都合上、薄いN⁺層をD電極として利用している。光電変換素子S1-1～S3-3、TFT（T1-1～T3-3）、ゲート配線G1～G3、信号配線M1～M3、Vs線、これらを総じて光電変換回路部10と称する。

【0 0 6 4】

Vs線は、電源Vsによりバイアスされる。SR1はゲート配線G1～G3に駆動用のパルス電圧を与えるシフトレジスタであり、TFT（T1-1～T3-3）をオンさせる電圧Vg（on）とTFT（T1-1～T3-3）をオフさせる電圧Vg（off）は、外部から駆動用回路部（シフトレジスタSR1）に供給

される。

【0065】

読み出し用回路部20は、光電変換回路部10内の信号配線M1～M3の並列信号出力を増幅し、直列変換して出力する。

RES1～RES3は信号配線M1～M3をリセットバイアスV(reset)にリセットするスイッチであり、図3ではリセットバイアスV(reset)を0V(GND)で表記している。A1～A3は信号配線M1～M3の信号を増幅するアンプ、CL1～CL3はアンプA1～A3で増幅された信号を一時的に記憶するサンプルホールド容量、Sn1～Sn3はサンプルホールドするためのスイッチ、B1～B3はバッファアンプ、Sr1～Sr3は並列信号を直列変換するためのスイッチ、SR2はスイッチSr1～Sr3に直列変換するためのパルスを与えるシフトレジスタ、Abは直列変換された信号を出力するバッファアンプである。

【0066】

また、RES11～RES33はTFT(T1-1～T3-3)を介して光電変換素子101のG電極をリフレッシュバイアスV(refresh)にリフレッシュするためのスイッチであり、スイッチRES11～RES33の片側にはリフレッシュバイアスV(refresh)が接続されている。

【0067】

図4は、図3に示したX線撮像装置の動作を示すタイミングチャートであり、2フレーム分の動作を表している。このタイミングチャートを用いて図3の光電変換装置の動作について説明する。

【0068】

まず、光電変換期間について説明する。

全光電変換素子S1-1～S3-3のD電極は、読み取り用電源Vs(正電位)にバイアスされた状態にある。シフトレジスタSR1の信号はすべて“Lo”であり、スイッチング用の全TFT(T1-1～T3-3)がオフしている。この状態で光源がパルス状にオンすると、それぞれの光電変換素子S1-1～S3-3のD電極(N+電極)に光が照射され、光電変換素子S1-1～S3-3の

i 層内で電子とホールキャリアが生成される。電子は読み取り用電源 V_s により D 電極に移動するが、ホールは光電変換素子 $S_{1-1} \sim S_{3-3}$ 内の i 層と絶縁層の界面に蓄えられ、電源がオフ後も保持される。

【0069】

次に、読み出し期間について説明する。

読み出し動作は、1 行目の光電変換素子 $S_{1-1} \sim S_{1-3}$ 、続いて、2 行目の光電変換素子 $S_{2-1} \sim S_{2-3}$ 、続いて、3 行目の光電変換素子 $S_{3-1} \sim S_{3-3}$ の順で行われる。

【0070】

まず、1 行目の光電変換素子 $S_{1-1} \sim S_{1-3}$ を読み出しするためにスイッチ素子 (TFT) $T_{1-1} \sim T_{1-3}$ のゲート配線 G1 にシフトレジスタ SR1 からゲートパルスを与える。この時、ゲートパルスのハイレベルは、外部から供給されている $V_{g(on)}$ の電圧である。これにより、TFT ($T_{1-1} \sim T_{1-3}$) がオン状態になり、光電変換素子 $S_{1-1} \sim S_{1-3}$ に蓄積されていた信号電荷が、信号配線 M1 ~ M3 に転送される。

【0071】

信号配線 M1 ~ M3 には、特に図 3 中には記載していないが読み出し容量が付加されており、信号電荷は TFT ($T_{1-1} \sim T_{1-3}$) を介し、読み出し容量に転送されることになる。例えば、信号配線 M1 に付加されている読み出し容量は、信号配線 M1 に接続されている各 TFT ($T_{1-1} \sim T_{3-1}$) のゲート・ソース間の電極間容量 (C_{gs}) の総和 (3 個分) であり、図 1 における C_2 に相当する。また、信号配線 M1 ~ M3 に転送された信号電荷は、オペアンプ A1 ~ A3 で増幅される。そして SMP L 信号をオンさせることにより、サンプルホールド容量 $C_{L1} \sim C_{L3}$ に転送され、SMP L 信号をオフするとともにホールドされる。

【0072】

1 行目の SMP L 信号により信号配線 M1 ~ M3 の信号をサンプルホールド容量 $C_{L1} \sim C_{L3}$ にサンプルホールドすれば、光電変換素子 $S_{1-1} \sim S_{1-3}$ の信号は、光電変換回路部 10 から出力されたことになる。従って、読み出し用

回路部 20 内でスイッチ $S_{r1} \sim S_{r3}$ により直列変換されている最中に、光電変換回路部 10 内の光電変換素子 $S_{1-1} \sim S_{1-3}$ のリフレッシュ動作と信号配線 $M1 \sim M3$ のリセット動作を行うことができる。

【0073】

光電変換素子 $S_{1-1} \sim S_{1-3}$ のリフレッシュ動作は、RC2 信号によりスイッチ $RES_{11} \sim RES_{33}$ を導通状態にして、TFT ($T_{1-1} \sim T_{3-1}$) のゲート配線に電圧 $V_g(ON)$ を印加することにより、光電変換素子 $S_{1-1} \sim S_{1-3}$ の G 電極をリフレッシュバイアス $V(\text{refresh})$ にリフレッシュする。その後、リセット動作に移す。

【0074】

続いて、リセット動作は、TFT ($T_{1-1} \sim T_{3-1}$) のゲート配線に電圧 $V_g(ON)$ を印加した状態で、スイッチ $RES_{11} \sim RES_{33}$ をオフにしてスイッチ $RES_1 \sim RES_3$ をオンさせることにより、信号配線 $M1 \sim M3$ の読み出し容量および光電変換素子 $S_{1-1} \sim S_{1-3}$ の G 電極をリセットバイアス $V(\text{reset})$ 、ここでは GND 電位にリセットする。

【0075】

リセット動作が終了後、次に、ゲート配線 G2 にゲートパルスを印加することができる。すなわち、1 行目の信号を、シフトレジスタ SR2 により直列変換動作をする間に光電変換回路部 10 の中で、同時に光電変換素子 $S_{1-1} \sim S_{1-3}$ をリフレッシュし、信号配線 $M1 \sim M3$ をリセットして、2 行目の光電変換素子 $S_{2-1} \sim S_{2-3}$ の信号電荷をシフトレジスタ SR1 にて信号配線 $M1 \sim M3$ に転送することができる。以上の動作により、第 1 行から第 3 行までの全ての光電変換素子 $S_{1-1} \sim S_{3-3}$ の信号電荷を出力することができる。

【0076】

前述の光電変換期間と読み出し期間とを繰り返すことにより、連続した動画像を取得することができる。

本実施形態で示したタイミングチャートと従来例を示した図 30 のタイミングチャートと異なるところは、リフレッシュ期間を設けていないところであり、そのリフレッシュ期間の分だけ動画像を取得する際のフレーム周波数を大きくでき

るという利点がある。また、従来例では、全ての光電変換素子を一括でリフレッシュしていたため、リフレッシュ時における暗電流成分によるGNDや電源などの変動を緩和させるためのwait期間を設ける必要があった。本実施形態では、各行単位でリフレッシュを行うために、一度にリフレッシュする光電変換素子の数をはるかに少ないため、特別にwait期間を設ける必要がなく、その分だけ動画のフレーム周波数を大きくすることができる。

【0077】

上述した本実施形態のX線撮像装置では、X線の照射をパルス状に照射した例を示したが、X線の照射を連続して（直流的に）行うこともできる。以下に、この場合の実施例を説明する。

【0078】

図5は、第1の実施形態におけるX線撮像装置にX線を連続して（直流的に）照射した場合のタイミングチャートである。

この場合の光電変換期間とは、リフレッシュが終了してから転送を開始するまでの期間である。実際の医療用X線撮像装置では、光電変換回路部はN行×M列の多数の画素で構成されている。例えば、1行目の光電変換素子にとっては、自らの光電変換素子の転送、リフレッシュ、リセットを除いた、2行目からN行目までのN-1行分の読み出し期間が実質上の光電変換期間となる。他行の光電変換素子にとっても同様で、自らの光電変換素子の転送、リフレッシュ、リセットを除いた、N-1行分の読み出し期間が実質上の光電変換期間となる。

【0079】

例えば、100行目の光電変換素子にとっては、101行目からN行目までの読み出し期間と次フレームにおける1行目から99行目までの読み出し期間との合計、すなわちN-1行分の読み出し期間が実質上の光電変換期間となる。つまり、X線を直流的に照射した場合には、この光電変換期間が2フレーム分にまたがってしまうことになるが、光電変換期間はすべて同じになるため何ら特異なことは生じない。

【0080】

X線を連続して（直流的に）照射した場合には、図2に示すX線照射期間ある

いは図4に示す光電変換期間を省略することができるため、動画のフレームレートを更に大きくできるという利点がある。また、パルス照射方法に比べ、X線の強度を弱くすることができるため、X線源の管球への負担を軽減できるという利点もある。さらに、X線の高圧電源をパルス状に制御することが必要なくなるため、X線電源の負担を軽減できる利点もある。

【0081】

(第2の実施形態)

図6は、本発明の第2の実施形態におけるX線撮像装置の1画素分の等価回路図である。図1に示した第1の実施形態の等価回路図においては、光電変換素子101のD電極を一定の電圧 V_s でバイアスしているのに対し、本実施形態では、電圧 V_s と電圧 V_{ref} とをスイッチSW-Fにより切り替え可能に構成している。

【0082】

本実施形態の特徴は、光電変換素子101のリフレッシュ動作をさせるための印加電圧を、G電極側から与えるか、あるいはD電極側から与えるかを選択できる点にある。例えば、1枚の静止画像を取得する場合は、D電極側からリフレッシュ用バイアスを与える方法、すなわち図28のタイミングチャートで動作させる。一方、複数枚の静止画像を取得する場合は、G電極側からリフレッシュ用バイアスを与える方法、すなわち図2で示すタイミングチャートで動作させる。本実施形態では、1つのX線撮像装置で、従来の静止画像を撮影するモード（撮影モードまたは静止画モード）と、動画の画像を取得するモード（透視モードまたは動画モード）の両方の撮影が可能となる。

【0083】

図7は、第2の実施形態におけるX線撮像装置の等価回路図である。

図7の等価回路図において、図3と異なる点は、センサのバイアスラインをVSC制御信号により電圧 V_s と電圧 V_{ref} との切り替えを可能としていることである。

図8は、第2の実施形態におけるX線撮像装置の透視モード（動画モード）から撮影モード（静止画モード）へ遷移し、撮影を行うタイミングチャートの略図

である。

【0084】

また、図9は、図7に示したX線撮像装置の透視モードにおける動作を示すタイミングチャートである。つまり透視モードにおいては、図8のタイミング動作を繰り返している。この期間、撮影者は、静止画像を撮影のための被写体（患者）の位置や角度を決めるために、患者の透視画像をモニターしている。一般的にこの期間中のX線量は弱めに照射している。撮影者が、装置に曝射要求信号（静止画像を撮影する意思信号）を発令すると、透視モードから撮影モードに遷移する。撮影モードにおける動作タイミングを図11に示す。また、透視モードと撮影モードの流れは、図8に示すように撮影モードが1回だけとは限らず、撮影する被写体の撮影構図に応じ、透視モード→撮影モード→透視モード→撮影モード…と繰り返してもよい。

【0085】

図10は、図8の透視モードにおけるタイミングチャートが、図9とは異なる場合の例を示したタイミングチャートである。図9との違いは、X線をパルス状に照射させないことである。これにより、読み出し期間と光電変換期間とを同時に行うことができるため、透視モードにおける動作周波数を大きくできる利点がある。また、X線をパルス状に動作させないため、X線発生源に対する負荷を軽減できる利点もある。

【0086】

本発明のX線撮像装置を透視装置に応用した場合において、透視モードにおいてはTF Tを介して読み出し用回路部20のスイッチ側からリフレッシュを行いながら連続画像を取得し、透視によって位置決めが完了して静止画撮影モードに遷移した際には、スイッチSW-Fからのリフレッシュを行うことによって高いS/N比の静止画像を得るよう構成することができる。つまり、一般にTF T側からのリフレッシュよりもスイッチSW-F側からのリフレッシュの方が、リフレッシュ効率が高く、S/N比もよい。S/N比が比較的悪くてもよい透視位置決め画像を撮影する際には、読み出し用回路部20のスイッチ側からのリフレッシュを採用し、S/N比が高く高画質を要求される静止画撮影する際には、スイ

ッチSW-F側からのリフレッシュを採用することは理にかなっている。

【0087】

(第3の実施形態)

図12は、第3の実施形態におけるX線撮像装置の1画素分の等価回路図である。なお、図1に示したX線撮像装置と同様の構成については、同じ符号を付け、以下には、主として異なる構成要素について説明する。

【0088】

図12に示すスイッチSW-Gは、オペアンプ(AMP)の非反転端子(+)に、リセットバイアスV(reset)またはリフレッシュバイアスV(refresh)のどちらか一方のバイアスを与えるために選択的に切り替えるスイッチである。Cfは、TFT102を介して光電変換素子101からの信号電流を蓄積(積分)するための容量素子であり、オペアンプの反転端子(-)と出力端子Voutの間に接続されている。スイッチSW-Hは、容量素子Cfと並列に接続され、積分された信号電荷をリセットするため、またはTFT102を介して光電変換素子101をリフレッシュするためのスイッチであり、RC信号により制御される。

【0089】

Vg(on)は、TFT102をオンさせ、信号電荷を容量素子Cfに転送するための電源であり、Vg(off)は、TFT102をオフさせるための電源である。また、スイッチSW-Dは、電源Vg(on)と電源Vg(off)とを切り替えるためのスイッチである。

【0090】

また、光電変換素子101をリフレッシュする場合、スイッチSW-GをリセットバイアスV(reset)側にし、スイッチSW-Eをオンさせると同時に、スイッチSW-Dを電源Vg(on)側にしなければならない。

【0091】

図13は、図12に示したX線撮像装置の1画素分の回路動作を示すタイミングチャートである。

図12、図13を用いて、光電変換素子101とTFT102を備える画素の1画素分の回路動作を説明する。

【0092】

まず、X-ray照射期間についての動作については、前述した第1の実施形態と同様であるため説明は省略するが、X-ray照射期間におけるスイッチSW-DはV(off)側、スイッチSW-GはV(reset)側、そして、スイッチSW-Hはオフにする。

【0093】

次に、転送期間について説明する。

転送動作は、スイッチSW-DをVg(on)側にして、TFT102をオン状態にする。この操作によりX-ray照射により蓄えられたホールキャリアの量(S_h)に対応する電子キャリア(S_e)が、 C_2 側からTFT102を介してG電極側に流れる。これにより容量素子 C_f に電荷が蓄積され、オペアンプの出力端子側の電位が、信号分だけ変化(下降)する。この時、 S_e と S_h との関係は、 $S_e = S_h \times C_{SiN} / (C_{SiN} + C_i)$ である。ここで、読み出し容量 C_2 の電位は、オペアンプの非反転端子(+)のV(reset)のバイアスで仮想接地されているために変化はしない。

【0094】

次に、リフレッシュ動作について説明する。

図13のタイミングチャートでは、図12に示す等価回路図において、 $V_s = 9(V)$ 、 $V_g(\text{reset}) = 2(V)$ 、 $V(\text{refresh}) = 6(V)$ で、かつ容量成分 C_i と容量成分 C_{SiN} とが等しい場合のD電極、G電極、ノードNの電位を表記している。

リフレッシュ動作は、RC信号によりスイッチSW-Hをオン状態にし、スイッチSW-DをVg(on)側にし、スイッチSW-GをV(refresh)側にする。この操作により、光電変換素子101のG電極は、信号が転送されたときの電位($V(\text{reset}) = 2(V)$)から、リフレッシュバイアス $V(\text{refresh}) = 6V$ に上昇する。これと同時に、ノードNの電位も上昇するが $V_s = 9V$ を超えることはない。ノードNの電位を上昇させることにより、ノードNに蓄えられた信号電荷(ホールキャリア)の一部が、D電極側に吐き出され、光電変換素子の101リフレッシュ動作が行われる。

【0095】

次に、リセット動作について説明する。

リセット動作は、スイッチSW-DをVg(on)側の状態、かつスイッチSW-Hをオン側の状態のまま、スイッチSW-GをV(refresh)側からV(reset)側にする。この操作により、光電変換素子101のG電極がリセットバイアスV(reset)にリセットされる。同時にオペアンプの出力端子に接続されている容量素子CfがリセットバイアスV(reset)にリセットされる。すなわち、容量素子Cfの両端子の電位差が零になるリセット動作において、ノードNの電位は、リフレッシュ動作時の電位(図13では9V)から減衰する。その減衰量 ΔV_N は、容量成分 C_i と容量成分 C_{SiN} との容量が等しい場合にV(refresh)とV(reset)との電位差の1/2になり、本説明では、2V分減少する。また、ノードNの減衰量 ΔV_N は、次の光電変換動作で蓄えられるホールキャリアの量を決定する。

【0096】

ここで、従来例を示す図28ではwait期間を設けているが、図13のタイミングチャートでは設けていない。その理由について以下に、図14、図15を用いて説明する。

図14は、第3の実施形態におけるX線撮像装置の等価回路図である。図14では、光電変換回路部10に2次元状に配置された画素を、説明を簡略化するために $3 \times 3 = 9$ 画素分のみを記載している。

【0097】

読み出し用回路部21は、光電変換回路部10からの並列の信号出力を読み取り、直列変換して出力する。A1～A3は信号配線M1～M3と反転端子(－)をそれぞれ接続されたオペアンプである。反転端子(－)と出力端子の間には、それぞれ容量素子Cf1～Cf3が接続されている。容量素子Cf1～Cf3は、TFT102をオンした時に光電変換素子101からの出力信号による電流を積分し、電圧量に変換する。RES41～RES43は、容量素子Cf1～Cf3をリセットバイアスV(reset)にリセットするスイッチであり、容量素子Cf1～Cf3と並列に接続されている。

【0098】

SW-res は、オペアンプ A1～A3 の非反転端子をリセットバイアス V (reset) にリセット (図 14 では 0 V にリセット) するためのスイッチであり、また、SW-ref はオペアンプ A1～A3 の非反転端子をリフレッシュバイアス V (refresh) にリフレッシュするためのスイッチである。これらのスイッチは、「REFRESH」信号により制御される。「REFRESH」信号は、「Hi」の時にスイッチ SW-ref がオンし、「Lo」の時にスイッチ SW-res がオンし、それらのスイッチが同時にオンしない構成となっている。

【0099】

図 15 は、図 14 に示した X 線撮像装置の動作を示すタイミングチャートであり、2 フレーム分の動作を表している。このタイミングチャートを用いて図 14 の光電変換装置の動作について説明する。

【0100】

まず、光電変換期間について説明する。

全光電変換素子 S1-1～S3-3 の D 電極は、読み取り用電源 Vs (正電位) にバイアスされた状態にある。シフトレジスタ SR1 の信号はすべて “Lo” であり、スイッチング用の全 TFT (T1-1～T3-3) がオフしている。この状態で光源がパルス状にオンすると、それぞれの光電変換素子 S1-1～S3-3 の D 電極 (N⁺電極) に光が照射され、光電変換素子 S1-1～S3-3 の i 層内で電子とホールキャリアが生成される。電子は読み取り用電源 Vs により D 電極に移動するが、ホールは光電変換素子 S1-1～S3-3 内の i 層と絶縁層の界面に蓄えられ、X 線がオフ後も保持される。

【0101】

次に、読み出し期間について説明する。

読み出し動作は、1 行目の光電変換素子 S1-1～S1-3、続いて、2 行目の光電変換素子 S2-1～S2-3、続いて、3 行目の光電変換素子 S3-1～S3-3 の順で行われる。

【0102】

まず、1 行目の光電変換素子 S1-1～S1-3 を読み出しするためにスイッ

チ素子 (TFT) $T1-1 \sim T1-3$ のゲート配線 $G1$ にシフトレジスタ $SR1$ からゲートパルスを与える。この時、ゲートパルスのハイレベルは、外部から供給されている $Vg(on)$ の電圧である。これにより、TFT ($T1-1 \sim T1-3$) がオン状態になり、光電変換素子 $S1-1 \sim S1-3$ に蓄積されていた信号電荷が、TFT ($T1-1 \sim T1-3$) を介して電流として流れ、オペアンプ $A1 \sim A3$ に接続されている容量素子 $Cf1 \sim Cf3$ に流入し、積分されることになる。

【0103】

信号配線 $M1 \sim M3$ には、特に図 14 中には記載していないが読み出し容量が付加されており、信号電荷は TFT ($T1-1 \sim T1-3$) を介し、この読み出し容量に転送されることになる。しかし、信号配線 $M1 \sim M3$ は、オペアンプ $A1 \sim A3$ の非反転端子 (+) のリセットバイアス (GND) で仮想接地されているために、転送動作による電位の変動はなく、GND に保持された状態にある。すなわち上述した信号電荷は、容量素子 $Cf1 \sim Cf3$ に転送されることになる。

【0104】

オペアンプ $A1 \sim A3$ の出力端子は、光電変換素子 $S1-1 \sim S1-3$ の信号量に応じて図 4 に示すように変化する。TFT ($T1-1 \sim T3-1$) が同時にオンするため、オペアンプ $A1 \sim A3$ の出力は同時に変化する。すなわち並列出力となる。この状態で、「SAMPL」信号をオンさせることにより、オペアンプ $A1 \sim A3$ の出力信号はサンプルホールド容量 $CL1 \sim CL3$ に転送され、SAMPL 信号をオフするとともに一旦ホールドされる。

【0105】

続いて、シフトレジスタ $SR2$ からスイッチ $Sr1$, $Sr2$, $Sr3$ の順番で、パルスを印加することにより、サンプルホールド容量 $CL1 \sim CL3$ にホールドされていた信号が、サンプルホールド容量 $CL1$, $CL2$, $CL3$ の順でアンプ Ab から出力される。結果として、光電変換素子 $S1-1$, $S1-2$, $S1-3$ の 1 行分の光電変換信号が順次、直列変換されて出力される。2 行目の光電変換素子 $S2-1 \sim S2-3$ の読み出し動作、3 行目の光電変換素子 $S3-1 \sim S$

3-3の読み出し動作も同様に行われる。

【0106】

1行目のSMP L信号によりオペアンプA1～A3の信号をサンプルホールド容量CL1～CL3にサンプルホールドすれば、光電変換素子S1-1～S1-3の信号は、光電変換回路部10から出力されたことになる。従って、読み出し用回路部内21でスイッチSr1～Sr3により直列変換されている最中に、光電変換回路部21内の光電変換素子S1-1～S1-3のリフレッシュ動作と容量素子Cf1～Cf3のリセット動作を行うことができる。

【0107】

光電変換素子S1-1～S1-3のリフレッシュ動作は、「REFRESH」信号を「Hi」にすることによりスイッチSW-refがオンし、かつ「RC」信号によりスイッチRES41～RES43を導通状態にして、更にTFT(T1-1～T3-1)のゲート配線に電圧Vg(on)を印加することにより達成される。すなわちリフレッシュ動作により光電変換素子S1-1～S1-3のG電極をリフレッシュバイアスV(refresh)にリフレッシュする。その後、リセット動作に移す。

【0108】

続いて、リセット動作は、TFT(T1-1～T3-1)のゲート配線に電圧Vg(on)を印加した状態で、かつスイッチRES41～RES43のスイッチを導通状態のまま、「REFRESH」信号を「Lo」にする。この動作により、光電変換素子S1-1～S1-3のG電極はリセットバイアスリセットバイアスV(reset)=GNDにリセットされ、同時に、容量素子Cf1～Cf3に蓄積されていた信号をリセットする。

【0109】

リセット動作が終了後、次に、ゲート配線G2にゲートパルスを印加することができる。すなわち、1行目の信号を、シフトレジスタSR2により直列変換動作をする間に、同時に光電変換素子S1-1～S1-3をリフレッシュし、容量素子Cf1～Cf3をリセットし、そして2行目の光電変換素子S2-1～S2-3の信号電荷をシフトレジスタSR1にて信号配線M1～M3に転送すること

ができる。以上の動作により、第 1 行から第 3 行までの全ての光電変換素子 $S_{1-1} \sim S_{3-3}$ の信号電荷を出力することができる。

【0 1 1 0】

前述の光電変換期間と読み出し期間とを繰り返すことに上り、連続した動画像を取得することができる。

本実施形態で示したタイミングチャートと従来例を示した図 3 0 のタイミングチャートと異なるところは、リフレッシュ期間を設けていないところであり、そのリフレッシュ期間の分だけ動画像を取得する際のフレーム周波数を大きくできるという利点がある。また、従来例では、全ての光電変換素子を一括でリフレッシュしていたため、リフレッシュ時における暗電流成分による GND や電源などの変動を緩和させるための wait 期間を設ける必要があった。本実施形態では、各行単位でリフレッシュを行うために、一度にリフレッシュする光電変換素子の数のはるかに少ないため、特別に Wait 期間を設ける必要がなく、その分だけ動画のフレーム周波数を大きくすることができる。

【0 1 1 1】

上述した本実施形態の X 線撮像装置では、X 線の照射をパルス状に照射した例を示したが、X 線の照射を連続して（直流的に）行うこともできる。以下に、この場合の実施例を説明する。

【0 1 1 2】

図 1 6 は、第 3 の実施形態における X 線撮像装置に X 線を連続して（直流的に）照射した場合のタイミングチャートである。

この場合の光電変換期間とは、リフレッシュが終了してから転送を開始するまでの期間である。実際の医療用 X 線撮像装置では、光電変換回路部は N 行 \times M 列の多数の画素で構成されている。例えば、1 行目の光電変換素子にとっては、自らの光電変換素子の転送、リフレッシュ、リセットを除いた、2 行目から N 行目までの $N - 1$ 行分の読み出し期間が実質上光電変換期間となる。他の行の光電変換素子にとっても同様で、自らの光電変換素子の転送、リフレッシュ、リセットを除いた、 $N - 1$ 行分の読み出し期間が実質上の光電変換期間となる。

【0 1 1 3】

例えば、100行目の光電変換素子にとっては、101行目からN行目までの読み出し期間と次フレームにおける1行目から99行目までの読み出し期間との合計、すなわちN-1行分の読み出し期間が実質上の光電変換期間となる。つまり、X線を直流的に照射した場合には、この光電変換期間が2フレーム分にまたがってしまうことになるが、光電変換期間はすべて同じになるため何ら特異なことは生じない。

【0114】

X線を連続して（直流的に）照射した場合には、図2に示すX線照射期間あるいは図4に示す光電変換期間を省略することができるため、動画のフレームレートを更に大きくできるという利点がある。また、パルス照射方法に比べ、X線の強度を弱くすることができるため、X線源の管球への負担を軽減できるという利点もある。さらに、X線の高圧電源をパルス状に制御することが必要なくなるため、X線電源の負担を軽減できる利点もある。

【0115】

（第4の実施形態）

図17は、本発明の第4の実施形態におけるX線撮像装置の1画素分の等価回路図である。図12に示した第3の実施形態の等価回路図においては、光電変換素子101のD電極を一定の電圧 V_s でバイアスしているのに対し、本実施形態では、電圧 V_s と電圧 V_{ref} とをスイッチSW-Fにより切り替え可能に構成している。

【0116】

本実施形態の特徴は、光電変換素子101のリフレッシュ動作をさせるための印加電圧を、G電極側から与えるか、あるいはD電極側から与えるかを選択できる点にある。例えば、1枚の静止画像を取得する場合は、D電極側からリフレッシュ用バイアスを与える方法、すなわち図28のタイミングチャートで動作させ、一方、複数枚の動画画像を取得する場合は、G電極側からリフレッシュ用バイアスを与える方法、すなわち図13または図16で示すタイミングチャートで動作させる。本実施形態では、1つのX線撮像装置で、従来の静止画像を撮影するモード（撮影モードまたは静止画モード）と、動画の画像を取得するモード（透

視モードまたは動画モード)の両方の撮影が可能となる。

【0117】

図18は、第4の実施形態におけるX線撮像装置の等価回路図である。

図18の等価回路図において、図14と異なる点は、センサのバイアスラインをVSC制御信号により電圧 V_s と電圧 V_{ref} との切り替えを可能としていることである。

図19は、第4の実施形態におけるX線撮像装置の透視モード(動画モード)から撮影モード(静止画モード)へ遷移し、撮影を行うタイミングチャートの略図である。

【0118】

また、図20は、図18に示したX線撮像装置の透視モードにおける動作を示すタイミングチャートである。つまり透視モードにおいては、図19のタイミング動作を繰り返している。この期間、撮影者は、静止画像を撮影のための被写体(患者)の位置や角度を決めるために、患者の透視画像をモニターしている。一般的にこの期間中のX線量は弱めに照射している。撮影者が、装置に曝射要求信号(静止画像を撮影する意思信号)を発令すると、透視モードから撮影モードに遷移する。撮影モードにおける動作タイミングを図22に示す。また、透視モードと撮影モードの流れは、図19に示すように撮影モードが1回だけとは限らず、撮影する被写体の撮影構図に応じ、透視モード→撮影モード→透視モード→撮影モード…と繰り返してもよい。

【0119】

図21は、図19の透視モードにおけるチャートが、図20とは異なる場合の例を示したタイミングチャートである。図20との違いは、X線をパルス状に照射させないことである。これにより、読み出し期間と光電変換期間とを同時に行うことができるため、透視モードにおける動作周波数を大きくできる利点がある。また、X線をパルス状に動作させないため、X線発生源に対する負荷を軽減できる利点もある。

【0120】

本発明のX線撮像装置を透視装置に応用した場合において、透視モードにおい

てはTFTを介して読み出し用回路部21のスイッチ側からリフレッシュを行いながら連続画像を取得し、透視によって位置決めが完了して静止画撮影モードに移した際には、スイッチSW-Fからのリフレッシュを行うことによって高いS/N比の静止画像を得るよう構成することができる。つまり、一般にTFT側からのリフレッシュよりもスイッチSW-F側からのリフレッシュの方が、リフレッシュ効率が高く、S/N比もよい。S/N比が比較的悪くてもよい透視位置決め画像を撮影する際には、読み出し用回路部21のスイッチ側からのリフレッシュを採用し、S/N比が高く高画質を要求される静止画撮影する際には、スイッチSW-F側からのリフレッシュを採用することは理にかなっている。

【0121】

(第5の実施形態)

図23は、本発明における放射線撮像装置のX線診断システムへの適用例を示した概略図である。

X線チューブ6050で発生したX線6060は、患者あるいは被験者6061の胸部6062を透過し、放射線撮像装置（イメージセンサ）6040に入射する。この入射したX線には、被験者6061の体内部の情報が含まれている。X線の入射に対応して蛍光体で可視光に変換し、さらに、これを光電変換して電気信号を得る。この電気信号は、デジタル変換されてイメージプロセッサ6070により画像処理され、制御室のディスプレイ6080で観察される。

【0122】

また、この画像情報は、電話回線6090等の伝送手段により遠隔地へ転送することができ、ドクタールームなどの別の場所でディスプレイ6081に表示もしくは光ディスク等の保存手段に保存することができ、遠隔地の医師が診断することも可能である。また、この画像情報をフィルムプロセッサ6100によりフィルム6110に記録することもできる。

【0123】

以上の実施形態ではX線撮像システムを例に説明したが、 α 、 β 、 γ 線等の放射線を光に変換し、この光を光電変換する装置に適用することも可能である。

本発明の光電変換素子アレイは、通常の可視光や赤外光を検出する撮像装置に

用いることもできる。本発明に用いることができるスイッチ素子としては、水素化アモルファスシリコンなどの非単結晶半導体を用いてチャネル領域を形成した薄膜トランジスタが好ましく用いられ、その形態は下ゲートスタガー型に限定されることはなく、上ゲートスタガー型、上ゲートコプラナー型などであってもよい。

【0124】

本発明の実施態様の例を以下に列挙する。

【0125】

[実施態様1] 入射した放射線を電気信号に変換する変換素子と前記電気信号を転送するスイッチ素子とを含む画素が2次元状に配設され、前記画素を行方向に接続する制御配線と、前記スイッチ素子を介して前記変換素子からの電気信号を読み出す信号配線とを備えた変換回路部と、

前記複数の制御配線を順次に駆動させる駆動用回路部と、

前記複数の信号配線と接続し、前記変換素子からの電気信号を行毎に読み出す読み出し用回路部とを有し、

前記読み出し用回路部は、読み出しを行った前記変換素子に対して第1のバイアスを印加して行毎にリフレッシュを行うリフレッシュ手段と、

少なくとも1つのリセットスイッチを用いて前記信号配線に対して第2のバイアスを印加してリセットを行うリセット手段とを含むことを特徴とする放射線撮像装置。

【0126】

[実施態様2] 前記読み出し用回路部は、前記信号配線に読み出された電気信号を増幅する増幅手段と、増幅された電気信号を一時的に蓄積する蓄積手段と、蓄積された電気信号をシリアル変換するシリアル変換手段とを更に有することを特徴する実施態様1に記載の放射線撮像装置。

【0127】

[実施態様3] 前記読み出し用回路部は、前記読み出しを行った後、前記スイッチ素子を導通させ、かつ前記リセットスイッチを前記第1のバイアス側に切り替えることにより、前記リフレッシュ手段を駆動させて前記変換素子に対して

行毎にリフレッシュを行い、その後、前記リセットスイッチを前記第2のバイアス側に切り替えることにより、前記リセット手段を駆動させて前記信号配線に対してリセットを行うことを特徴とする実施態様1または2に記載の放射線撮像装置。

【0128】

〔実施態様4〕 前記変換素子及び前記スイッチ素子がアモルファスシリコンを含み形成されていることを特徴とする実施態様1～3のいずれか1項に記載の放射線撮像装置。

【0129】

〔実施態様5〕 前記変換素子と前記スイッチ素子とが、同一基板上に同一工程によって形成されていることを特徴とする実施態様1～4のいずれか1項に記載の放射線撮像装置。

【0130】

〔実施態様6〕 前記変換素子は、基板上に下部電極として形成された第1の金属薄膜層と、当該第1の金属薄膜層上に形成され、電子及び正孔の通過を阻止するアモルファス窒化シリコンからなる絶縁層と、当該絶縁層上に形成された水素化アモルファスシリコンからなる光電変換層と、当該光電変換層上に形成され、正孔の注入を阻止するN型の注入阻止層と、当該注入阻止層上に上部電極として形成された透明導電層または当該注入阻止層上の一部に形成された第2の金属薄膜層とを有して構成され、

前記スイッチ素子は、前記変換素子と同一の基板上に形成されるとともに、前記基板上に下部ゲート電極として形成された第1の金属薄膜層と、当該第1の金属薄膜層上に形成されたアモルファス窒化シリコンからなるゲート絶縁層と、当該ゲート絶縁層上に形成された水素化アモルファスシリコンからなる半導体層と、当該半導体層上に形成されたN型のオーミックコンタクト層と、当該オーミックコンタクト層上にソース／ドレイン電極として形成された透明導電層または第2の金属薄膜層とを有して構成され、

リフレッシュモードでは、前記変換素子に対して、正孔を前記光電変換層から前記第2の金属薄膜層に導く方向に電界を与え、

光電変換モードでは、前記変換素子に対して、前記光電変換層に入射した放射線により発生した正孔を当該光電変換層に留まらせて電子を前記第2の金属薄膜層に導く方向に電界を与え、

前記光電変換モードにより前記光電変換層に蓄積される前記正孔もしくは前記第2の金属薄膜層に導かれた前記電子を光信号として検出することを特徴とする実施態様1～5のいずれか1項に記載の放射線撮像装置。

【0131】

〔実施態様7〕 前記放射線の波長変換を行う波長変換体を更に有することを特徴とする実施態様1～6のいずれか1項に記載の放射線撮像装置。

【0132】

〔実施態様8〕 前記波長変換体は、 Gd_2O_2S 、 Gd_2O_3 、 CsI のいずれかを主成分とすることを特徴とする実施態様7に記載の放射線撮像装置。

【0133】

〔実施態様9〕 前記変換素子にバイアスを印加するバイアス配線を更に有することを特徴とする実施態様1～8のいずれか1項に記載の放射線撮像装置。

【0134】

〔実施態様10〕 前記変換素子は少なくとも2つの電極を有し、第1の電極に前記スイッチ素子が接続され、第2の電極に前記バイアス配線が接続されており、

動画モードでは、前記読み出し用回路部で前記リセットスイッチを前記第1のバイアスに切り替え、かつ前記スイッチ素子を導通させることにより前記光電変換素子のリフレッシュ動作を行い、

静止画モードでは、前記バイアス配線に接続された第2のスイッチ素子によりバイアスを切り替えることにより前記変換素子のリフレッシュ動作を行うことを特徴とする実施態様9に記載の放射線撮像装置。

【0135】

〔実施態様11〕 入射した放射線を電気信号に変換する変換素子と前記電気信号を転送する第1のスイッチ素子とを含む画素が2次元状に配設され、前記画素を行方向に接続する制御配線と、前記第1のスイッチ素子を介して前記変換素

子からの電気信号を読み出す信号配線とを備えた変換回路部と、

前記複数の制御配線を順次に駆動させる駆動用回路部と、

前記複数の信号配線と接続し、前記変換素子からの電気信号を行毎に読み出す読み出し用回路部とを有し、

前記読み出し用回路部は、初段部に電流積分型のオペアンプを具備し、

前記オペアンプの反転端子と出力端子との間には、前記変換素子から前記第 1 のスイッチ素子を介して転送される電気信号を積分するための容量素子と、前記容量素子をリセットするための第 2 のスイッチ素子とを備え、

一方、前記オペアンプの非反転端子には、第 1 のバイアスと第 2 のバイアスの少なくとも 2 つのバイアスを選択的に供給するバイアス供給手段と、前記第 1 のスイッチ素子及び前記第 2 のスイッチ素子を用いて読み出しを行った前記変換素子に対して第 1 のバイアスを印加して行毎にリフレッシュを行うリフレッシュ手段と、前記第 2 のスイッチ素子を用いて前記容量素子に対して第 2 のバイアスを印加してリセットを行うリセット手段とを備えることを特徴とする放射線撮像装置。

【0 1 3 6】

〔実施態様 1 2〕 前記読み出し用回路部は、前記電流積分型オペアンプにより前記変換素子から読み出した前記電気信号を一時的に蓄積する蓄積手段と、蓄積された電気信号をシリアル変換するシリアル変換手段とを更に有することを特徴する実施態様 1 1 に記載の放射線撮像装置。

【0 1 3 7】

〔実施態様 1 3〕 前記読み出し用回路部は、前記読み出しを行った後、前記第 1 のスイッチ素子を導通させるとともに前記第 2 のスイッチ素子を導通させ、かつ前記バイアス供給手段を駆動させて前記オペアンプの非反転端子に前記第 1 のバイアスを供給することにより前記変換素子に対して行毎にリフレッシュを行い、その後、前記第 2 のスイッチ素子を導通させた状態で、かつ前記バイアス供給手段を駆動させて前記非反転端子に前記第 2 のバイアスを供給することにより前記容量素子に対してリセットを行うことを特徴とする実施態様 1 1 または 1 2 に記載の放射線撮像装置。

【0138】

〔実施態様14〕 前記変換素子及び前記第1のスイッチ素子がアモルファスシリコンを含み形成されていることを特徴とする実施態様11～13のいずれか1項に記載の放射線撮像装置。

【0139】

〔実施態様15〕 前記変換素子と前記第1のスイッチ素子とが、同一基板上に同一工程によって形成されていることを特徴とする実施態様11～14のいずれか1項に記載の放射線撮像装置。

【0140】

〔実施態様16〕 前記変換素子は、基板上に下部電極として形成された第1の金属薄膜層と、当該第1の金属薄膜層上に形成され、電子及び正孔の通過を阻止するアモルファス窒化シリコンからなる絶縁層と、当該絶縁層上に形成された水素化アモルファスシリコンからなる光電変換層と、当該光電変換層上に形成され、正孔の注入を阻止するN型の注入阻止層と、当該注入阻止層上に上部電極として形成された透明導電層または当該注入阻止層上の一部に形成された第2の金属薄膜層とを有して構成され、

前記第1のスイッチ素子は、前記変換素子と同一の基板上に形成されるとともに、前記基板上に下部ゲート電極として形成された第1の金属薄膜層と、当該第1の金属薄膜層上に形成されたアモルファス窒化シリコンからなるゲート絶縁層と、当該ゲート絶縁層上に形成された水素化アモルファスシリコンからなる半導体層と、当該半導体層上に形成されたN型のオーミックコンタクト層と、当該オーミックコンタクト層上にソース／ドレイン電極として形成された透明導電層または第2の金属薄膜層とを有して構成され、

リフレッシュモードでは、前記変換素子に対して、正孔を前記光電変換層から前記第2の金属薄膜層に導く方向に電界を与え、

光電変換モードでは、前記変換素子に対して、前記光電変換層に入射した放射線により発生した正孔を当該光電変換層に留まらせて電子を前記第2の金属薄膜層に導く方向に電界を与え、

前記光電変換モードにより前記光電変換層に蓄積される前記正孔もしくは前記

第2の金属薄膜層に導かれた前記電子を光信号として検出することを特徴とする実施態様11～15のいずれか1項に記載の放射線撮像装置。

【0141】

〔実施態様17〕 前記放射線の波長変換を行う波長変換体を更に有することを特徴とする実施態様11～16のいずれか1項に記載の放射線撮像装置。

【0142】

〔実施態様18〕 前記波長変換体は、 Gd_2O_2S 、 Gd_2O_3 、 CsI のいずれかを主成分とすることを特徴とする実施態様17に記載の放射線撮像装置。

【0143】

〔実施態様19〕 前記変換素子にバイアスを印加するバイアス配線を更に有することを特徴とする実施態様11～18のいずれか1項に記載の放射線撮像装置。

【0144】

〔実施態様20〕 前記変換素子は少なくとも2つの電極を有し、第1の電極に前記第1のスイッチ素子が接続され、第2の電極に前記バイアス配線が接続されており、

動画モードでは、前記第1のスイッチ素子を導通させることにより前記変換素子のリフレッシュ動作を行い、

静止画モードでは、前記バイアス配線に接続されたバイアスを切り替えることによって、前記変換素子のリフレッシュ動作を行うことを特徴とする実施態様19に記載の放射線撮像装置。

【0145】

〔実施態様21〕 被験者または被験物に放射線を照射する放射線源と、前記放射線を検出する実施態様1～20のいずれか1項に記載の放射線撮像装置と、

前記放射線撮像装置から出力された電気信号をデジタル変換して画像処理する画像処理装置と、

前記画像処理装置で処理された画像を表示する表示装置とを備えることを特徴とする放射線撮像システム。

【0146】

【実施態様22】 入射した放射線を電気信号に変換する変換素子と前記電気信号を転送するスイッチ素子とを含む画素が2次元状に配設され、前記画素を行方向に接続する制御配線と、前記スイッチ素子を介して前記変換素子からの電気信号を読み出す信号配線とを備えた変換回路部と、

前記複数の制御配線を順次に駆動させる駆動用回路部と、

前記複数の信号配線と接続し、前記変換素子からの電気信号を行毎に読み出す読み出し用回路部とを有する放射線撮像装置における駆動方法であって、

前記読み出し用回路部で読み出しを行った前記変換素子に対して第1のバイアスを印加して行毎にリフレッシュを行うリフレッシュ処理と、

少なくとも1つのリセットスイッチを用いて前記信号配線に対して第2のバイアスを印加してリセットを行うリセット処理とを含むことを特徴とする放射線撮像装置の駆動方法。

【0147】

【発明の効果】

本発明の放射線撮像装置によれば、変換素子を行毎に順次リフレッシュを行うことにより、動画像を取得する際のフレーム周波数を大きくすることができるため、動画撮影の高速化を図ることができる。また、全変換素子を一括してリフレッシュを行う場合と比較してリフレッシュ時の暗電流（過渡電流）を小さくすることができ、GNDや電源ラインの電圧変動を抑えることができるとともに、その電圧変動を緩和させるための待ち時間を設けずに済むようにすることができる。

【0148】

本発明の他の特徴とするところは、変換素子及びスイッチ素子をアモルファスシリコン半導体で形成するようにしたので、変換素子とスイッチ素子とを同一基板上に、同工程で形成でき非常に簡単なプロセスで作成できる。このため、歩留まりもよく、非常に安価なX線撮像装置を提供することができる。また、得られた動画像は、光電変換された電気信号として取り出せるため、デジタル化が容易である。このデジタル情報は、例えば記録、表示等を行って被験者または被

験物の診断を行うときに、アナログ情報を扱う場合と比べて、時間的にもコスト的にも非常に効率よく行うことができる。そして、将来の高齢化社会、IT社会の中で、現在より更に質の高い医療環境を作ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施形態における X 線撮像装置の 1 画素分の等価回路図である。

【図 2】

図 1 に示した X 線撮像装置の 1 画素分の回路動作を示すタイミングチャートである。

【図 3】

第 1 の実施形態における X 線撮像装置の等価回路図である。

【図 4】

図 3 に示した X 線撮像装置の動作を示すタイミングチャートである。

【図 5】

第 1 の実施形態における X 線撮像装置に X 線を連続して（直流的に）照射した場合のタイミングチャートである。

【図 6】

本発明の第 2 の実施形態における X 線撮像装置の 1 画素分の等価回路図である。

【図 7】

第 2 の実施形態における X 線撮像装置の等価回路図である。

【図 8】

第 2 の実施形態における X 線撮像装置の透視モード（動画モード）から撮影モード（静止画モード）へ遷移し、撮影を行うタイミングチャートである。

【図 9】

図 8 における透視モードのタイミングチャートである。

【図 10】

図 8 における透視モードの他のタイミングチャートである。

【図 1 1】

図 8 における撮影モードのタイミングチャートである。

【図 1 2】

本発明の第 3 の実施形態における X 線撮像装置の 1 画素分の等価回路図である。

。

【図 1 3】

図 1 2 に示した X 線撮像装置の 1 画素分の回路動作を示すタイミングチャートである。

【図 1 4】

第 3 の実施形態における X 線撮像装置の等価回路図である。

【図 1 5】

図 1 4 に示した X 線撮像装置の動作を示すタイミングチャートである。

【図 1 6】

第 3 の実施形態における X 線撮像装置に X 線を連続して（直流的に）照射した場合のタイミングチャートである。

【図 1 7】

本発明の第 4 の実施形態における X 線撮像装置の 1 画素分の等価回路図である。

。

【図 1 8】

第 4 の実施形態における X 線撮像装置の等価回路図である。

【図 1 9】

第 4 の実施形態における X 線撮像装置の透視モード（動画モード）から撮影モード（静止画モード）へ遷移し、撮影を行うタイミングチャートの略図である。

【図 2 0】

図 1 9 における透視モードのタイミングチャートである。

【図 2 1】

図 1 9 における透視モードの他のタイミングチャートである。

【図 2 2】

図 1 9 における撮影モードのタイミングチャートである。

【図 2 3】

本発明による放射線撮像装置の X 線診断システムへの適用例を示した概略図である。

【図 2 4】

従来例を示し、光電変換素子とスイッチ素子の材料にアモルファスシリコン半導体薄膜を用いて構成した光電変換基板の上面図である。

【図 2 5】

図 2 4 の A-B 間における断面図である。

【図 2 6】

図 2 4, 図 2 5 で示した光電変換素子のデバイス動作を説明するためのエネルギーバンド図である。

【図 2 7】

従来例を示し、光電変換素子と T F T とを備えて構成される画素の 1 画素分の光電変換回路図である。

【図 2 8】

図 2 7 に示した画素の 1 画素分の光電変換回路における動作を示すタイミングチャートである。

【図 2 9】

従来の光電変換装置の 2 次元的回路図である。

【図 3 0】

図 2 9 に示した光電変換装置の動作を示すタイミングチャートである。

【符号の説明】

- 1 0, 1 0 0 光電変換回路部
- 2 0, 2 1, 2 0 0 読み出し用回路部
- 1 0 1, S 1-1 ~ S 3-3 光電変換素子
- 1 0 2, T 1-1 ~ T 3-3 スイッチ素子 (T F T)
- 1 0 3 絶縁基板
- 1 0 4 第 1 の金属薄膜層
- 1 0 5 第 2 の金属薄膜層

106 ゲート駆動用配線

107 マトリクス信号配線

110 コンタクトホール部

111 a-SiN絶縁薄膜層

112 a-Si半導体薄膜層

113 N⁺層

114 配線クロス部

115 保護膜

A1～A3, B1～B3, Ab オペアンプ

FL、F1 X線を可視光に変換する蛍光体

G1～G3 ゲート駆動配線

M1～M3 マトリクス信号配線

Cf1～Cf3 積分容量

RES1～RES3, RES11～RES33, RES41～RES43 リセットスイッチ

Sn1～Sn3 転送スイッチ

Sr1～Sr3 読み出し用スイッチ

SR1 シフトレジスタ (スイッチ素子用)

SR2 シフトレジスタ (読み出しスイッチ用)

Vref リフレッシュ電源

Vs バイアス電源

V(reset) リセット電源

V(refresh) リフレッシュ電源

Vg(on) TFTをオンするための電源

Vg(off) TFTをオフするための電源

SW-A バイアスを切り替えるスイッチ

SW-B TFTをオン／オフするためのスイッチ

SW-C 信号配線をリセットするためのスイッチ

SW-D TFTをオン／オフするためのスイッチ

SW-E リフレッシュするためのスイッチ

SW-F バイアスを切り替えるスイッチ

SW-G オペアンプの (+) 端子にバイアスを印加するためのスイッチ

SW-H 容量素子 C_f をリセットするためのスイッチ

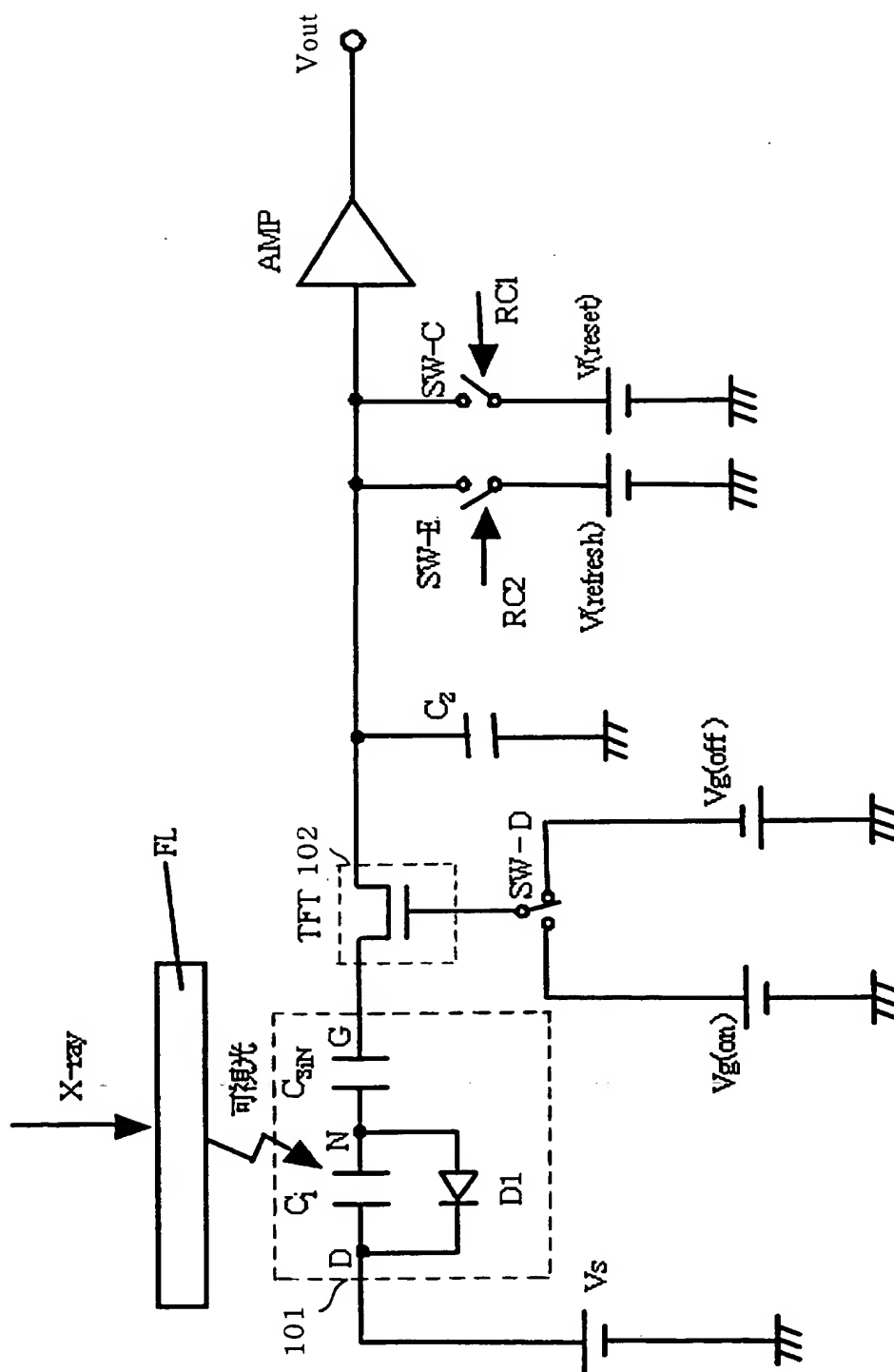
SW-res リセットバイアスを与えるためのスイッチ

SW-ref リフレッシュバイアスを与えるためのスイッチ

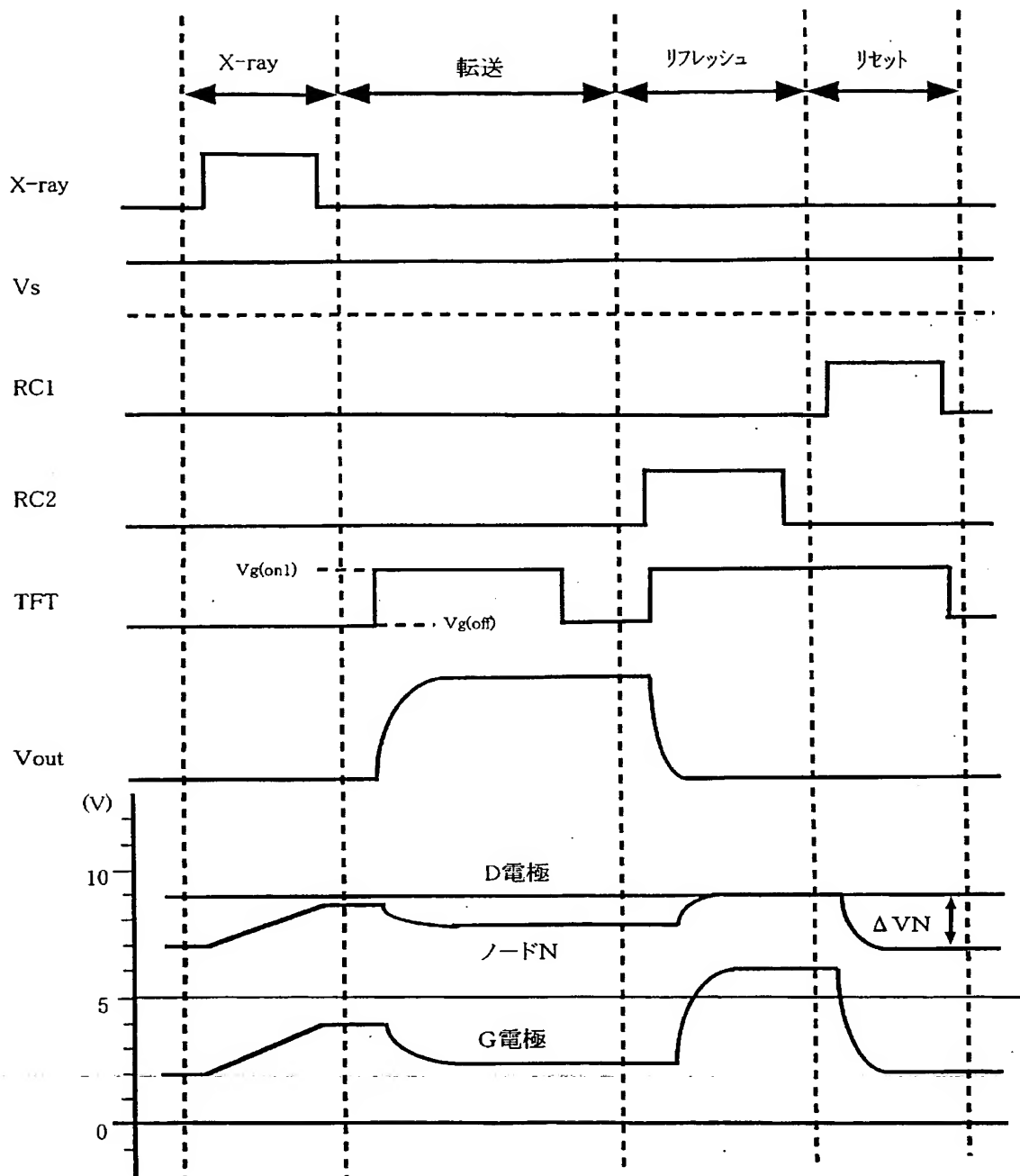
【書類名】

図面

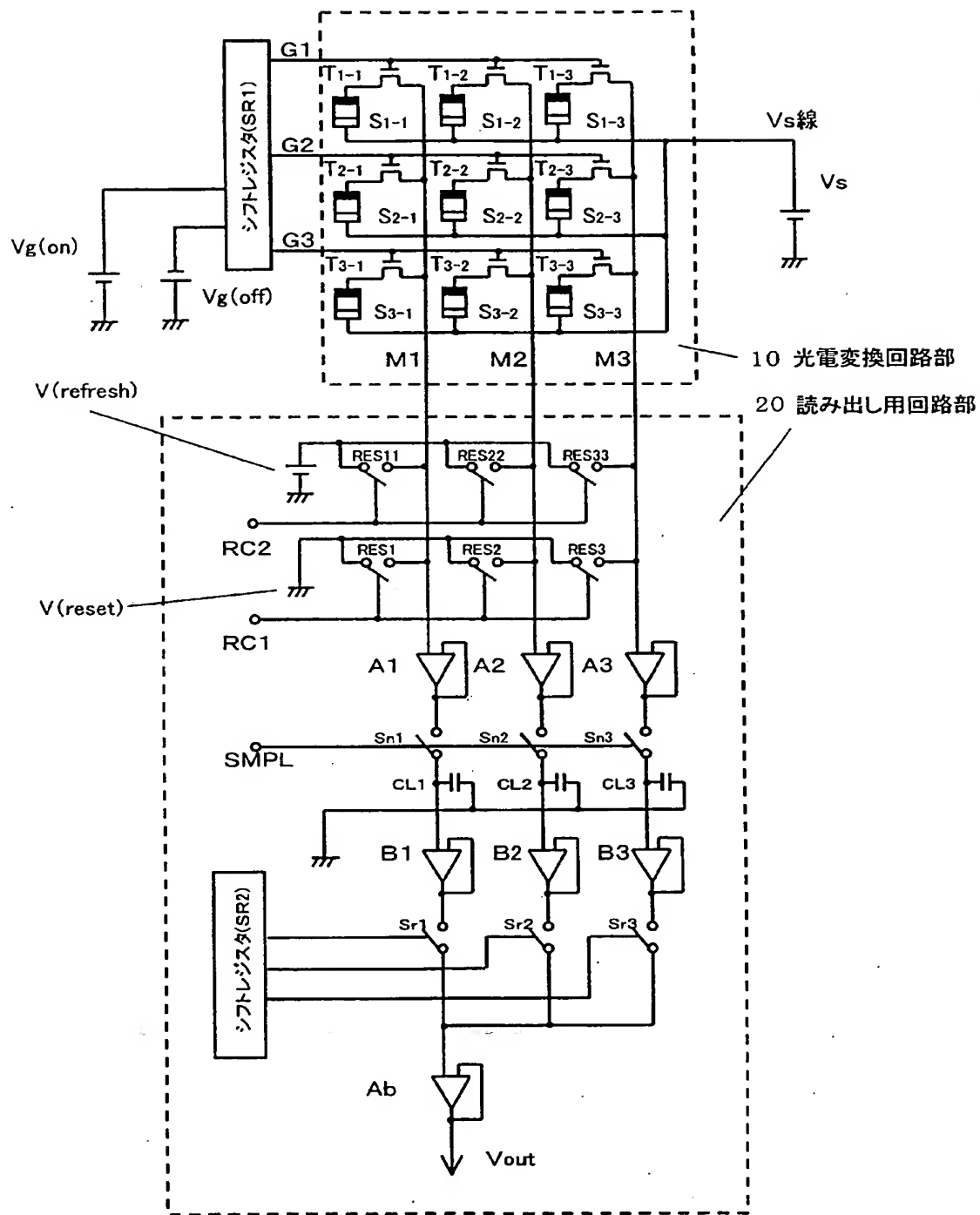
【図 1】



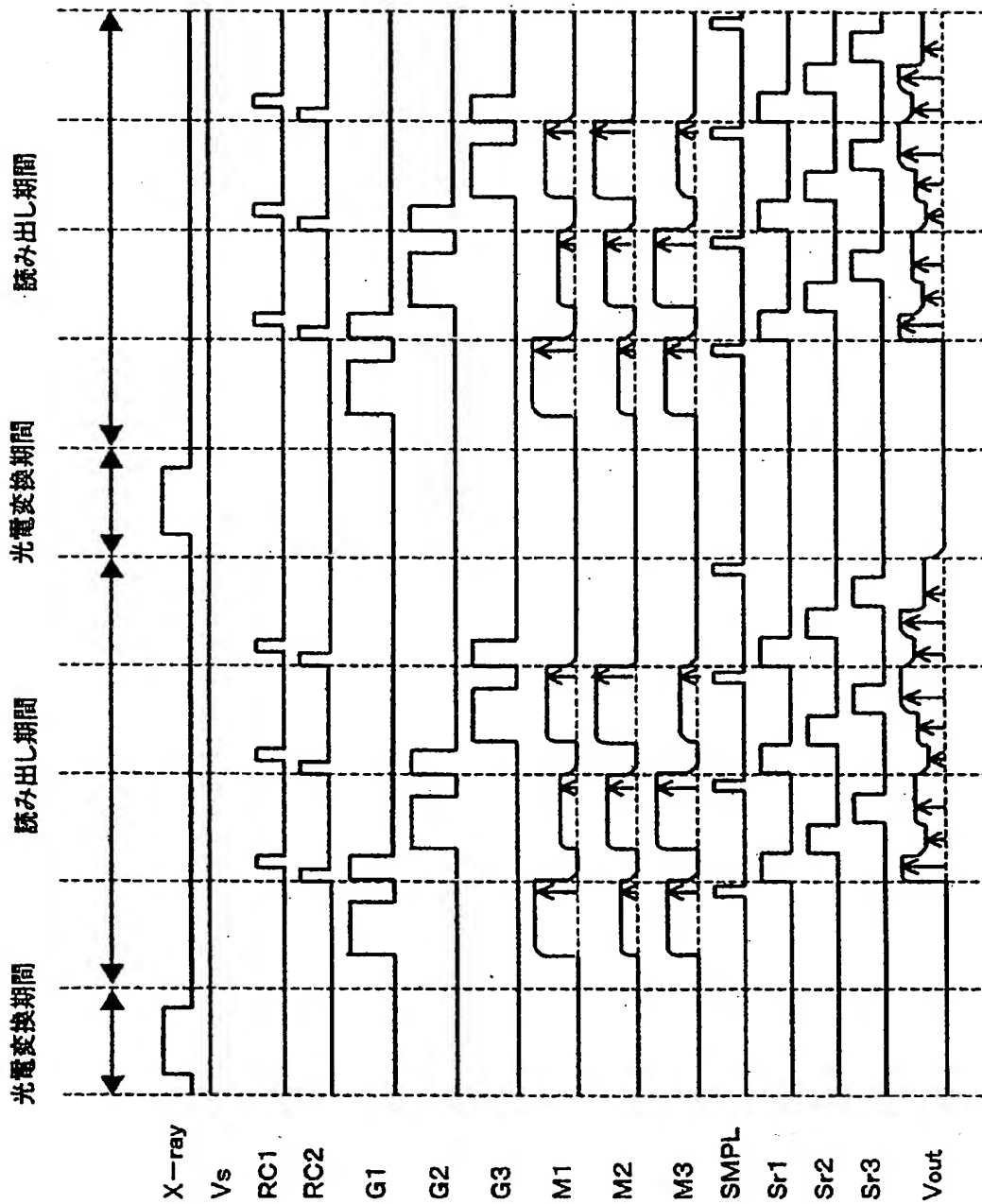
【図 2】



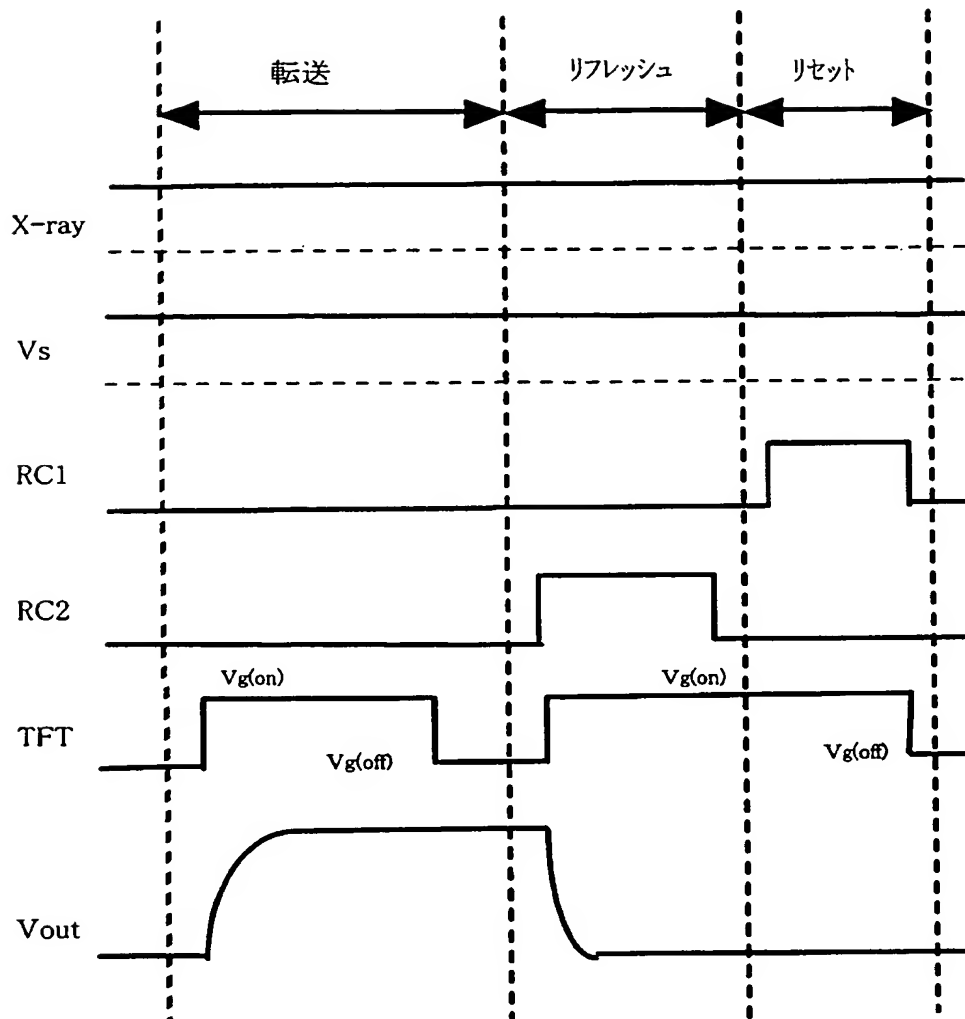
【図 3】



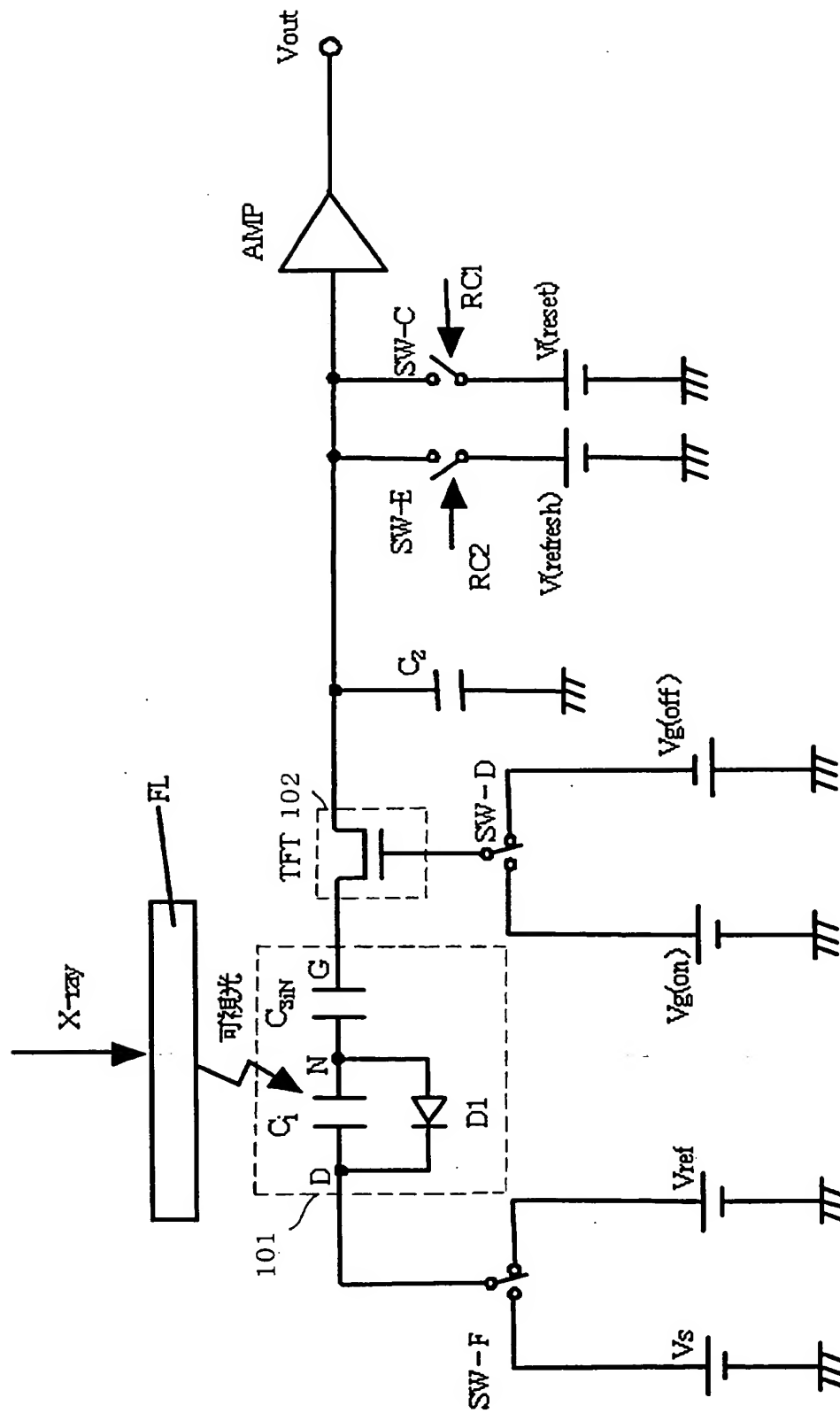
【図 4】



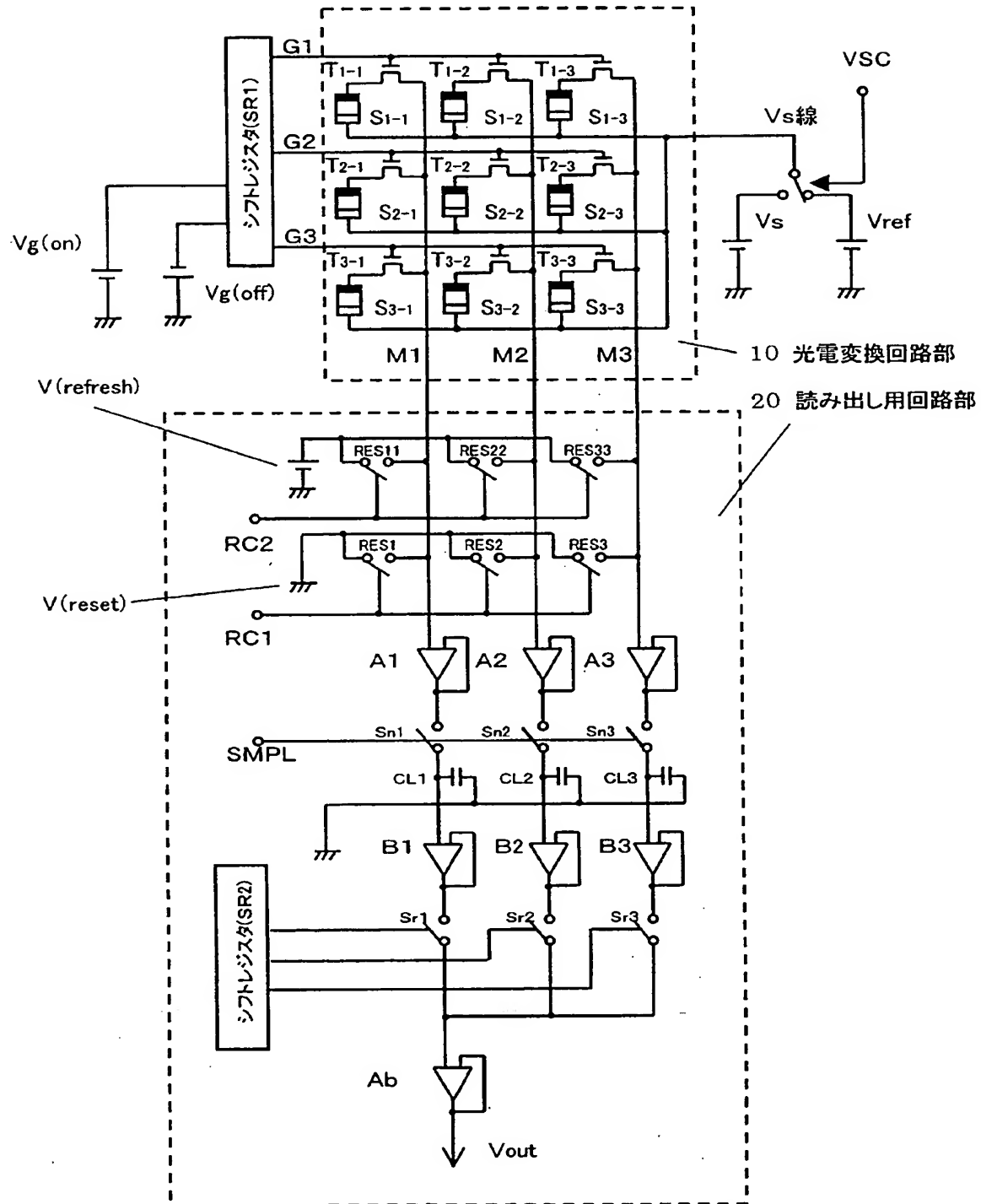
【図 5】



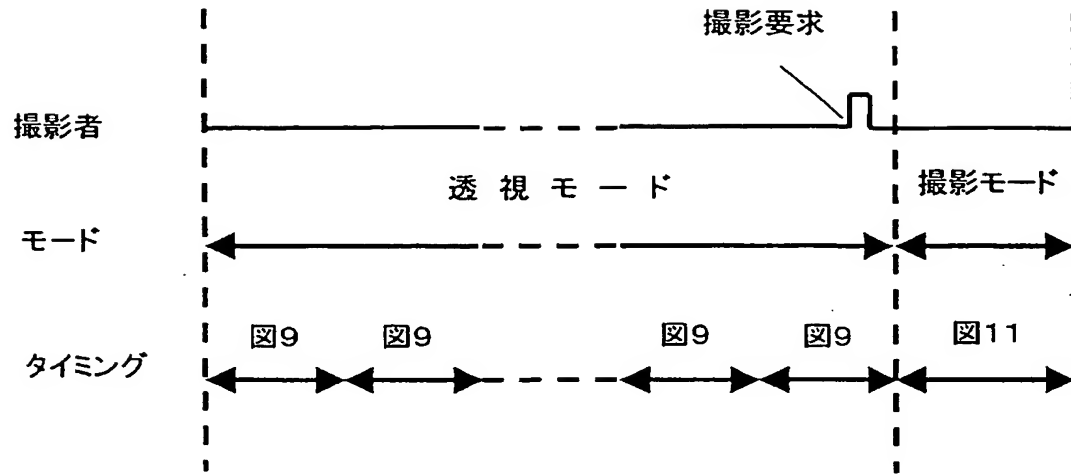
【図 6】



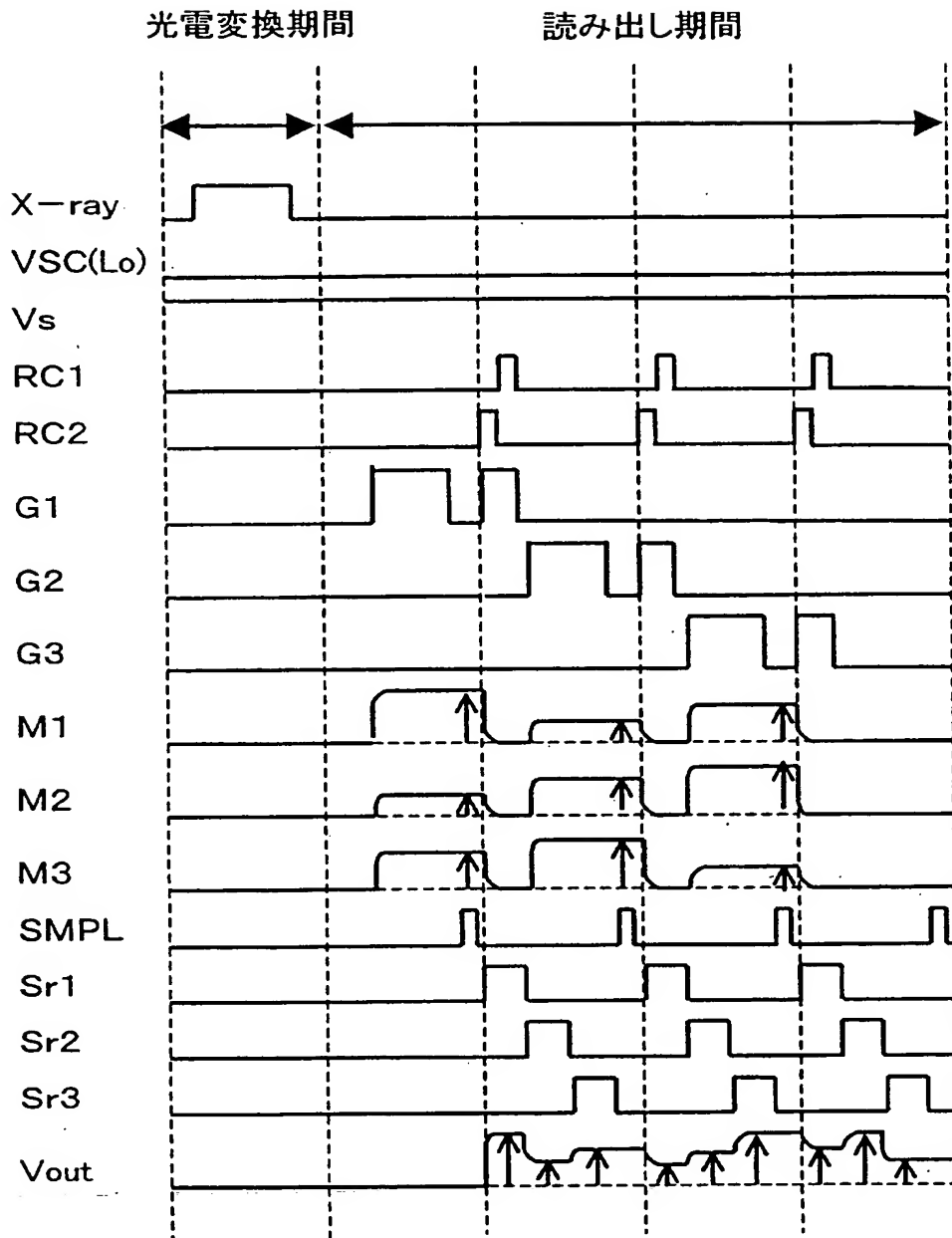
【図 7】



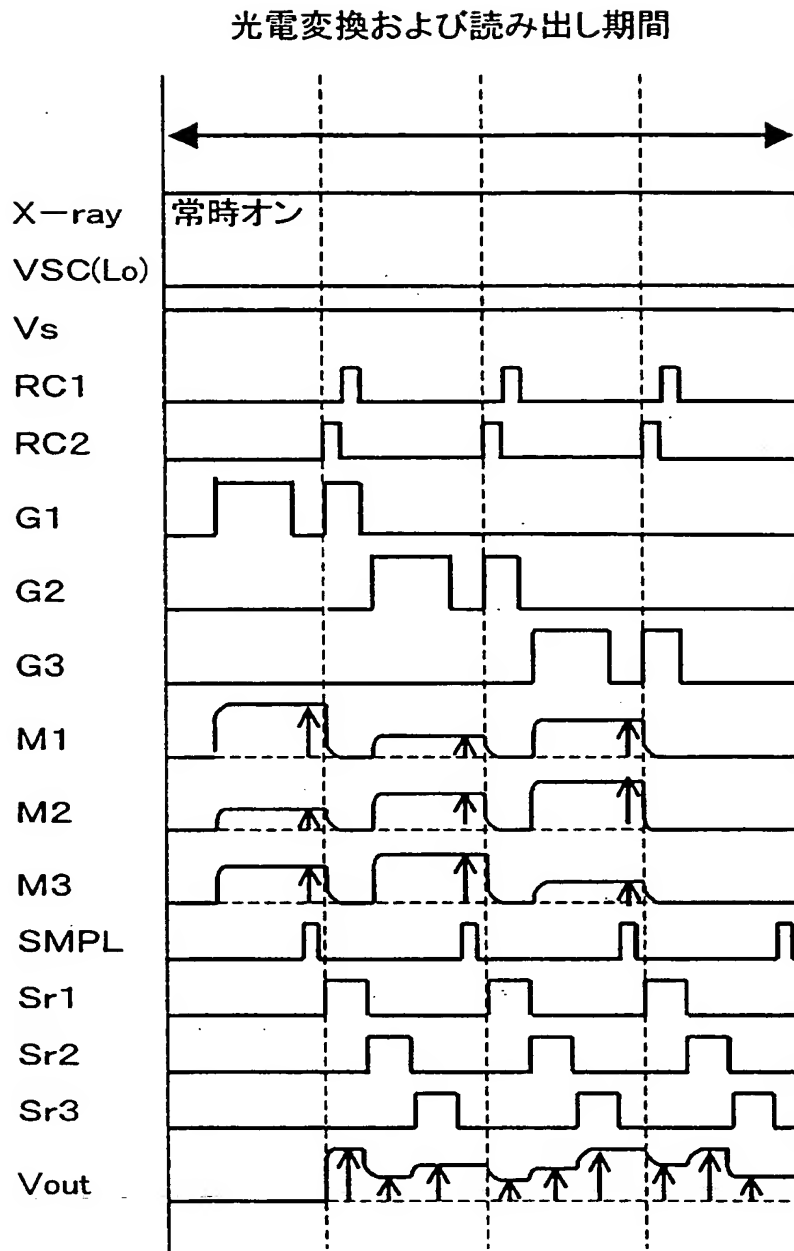
【図 8】



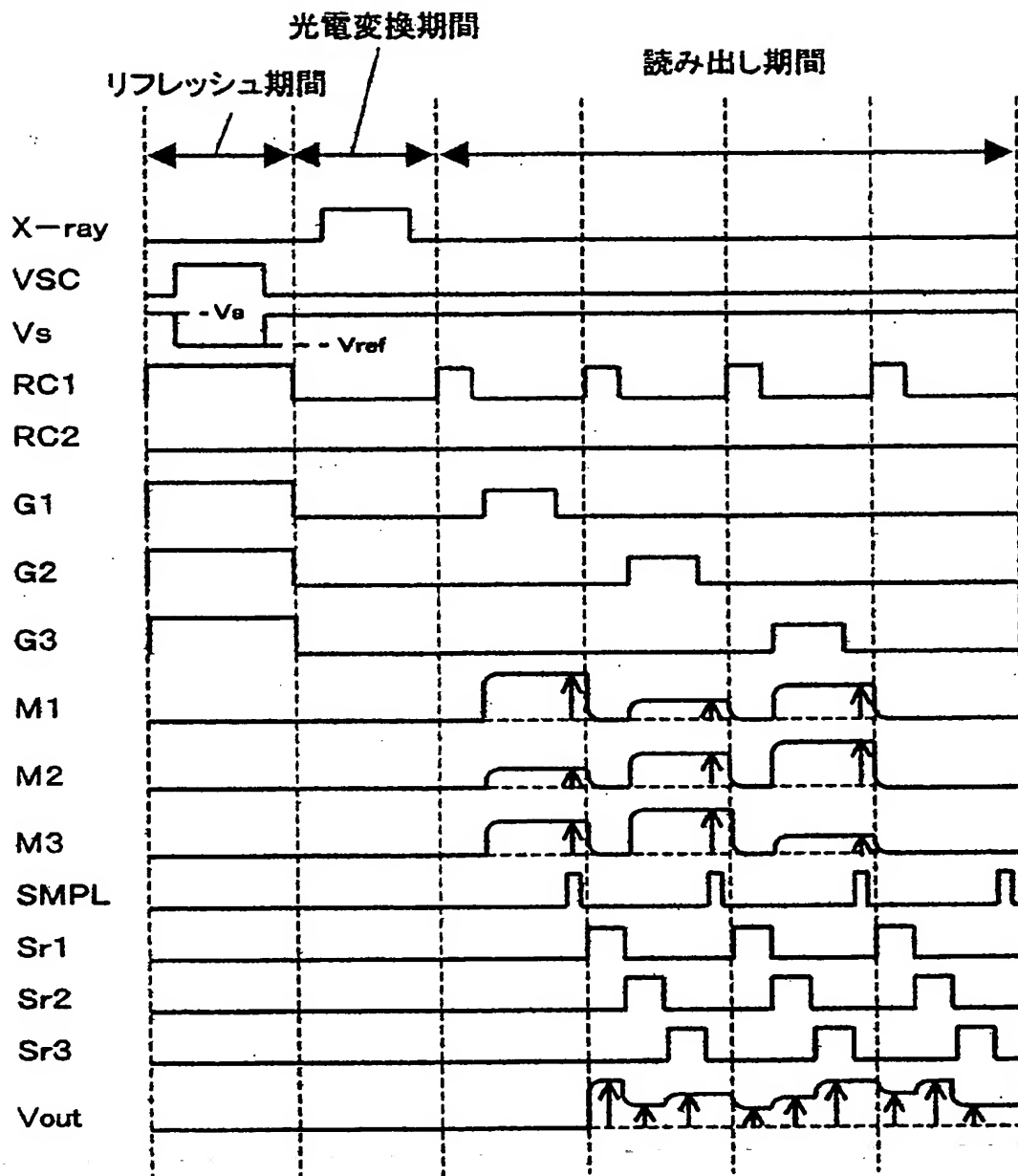
【図 9】



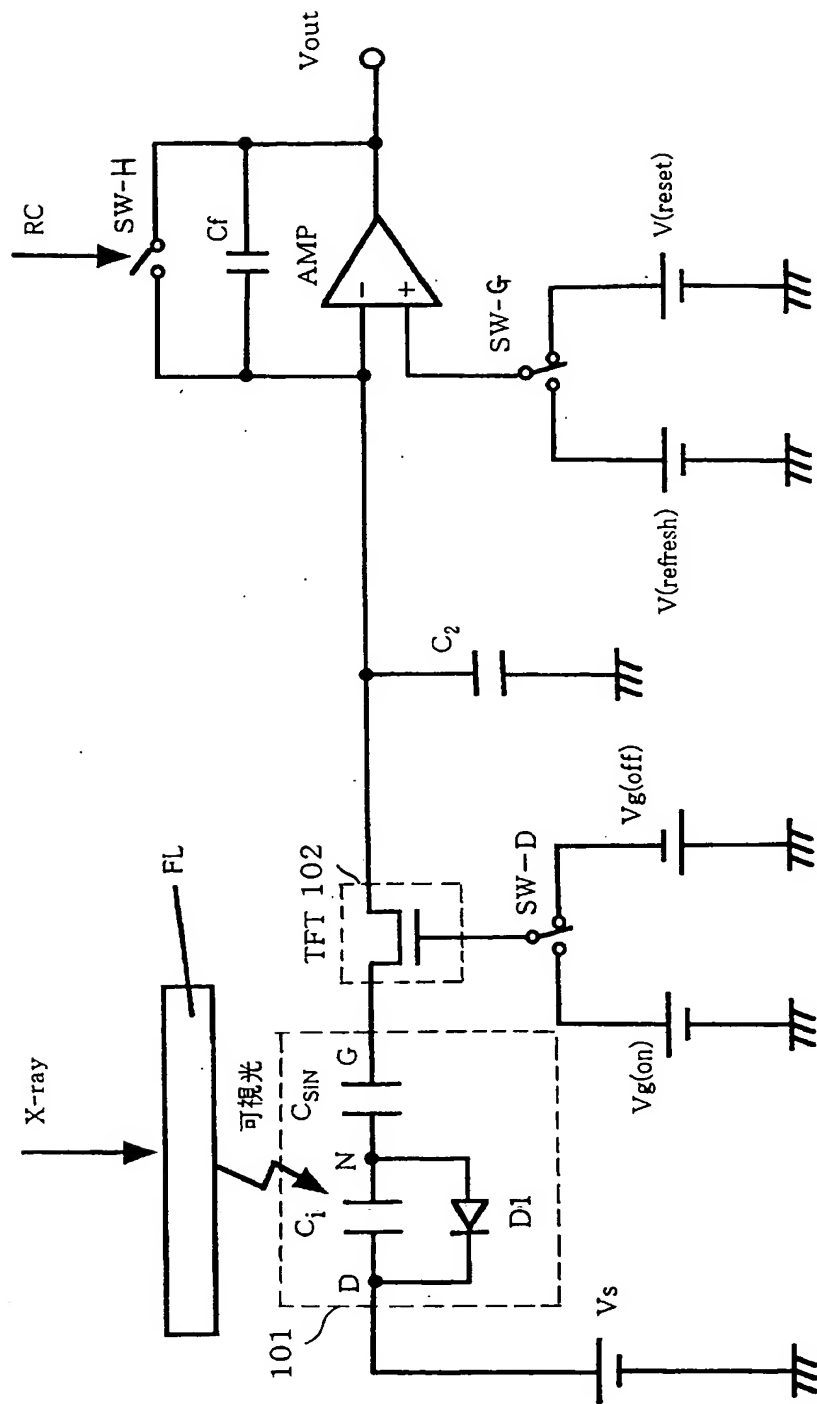
【図10】



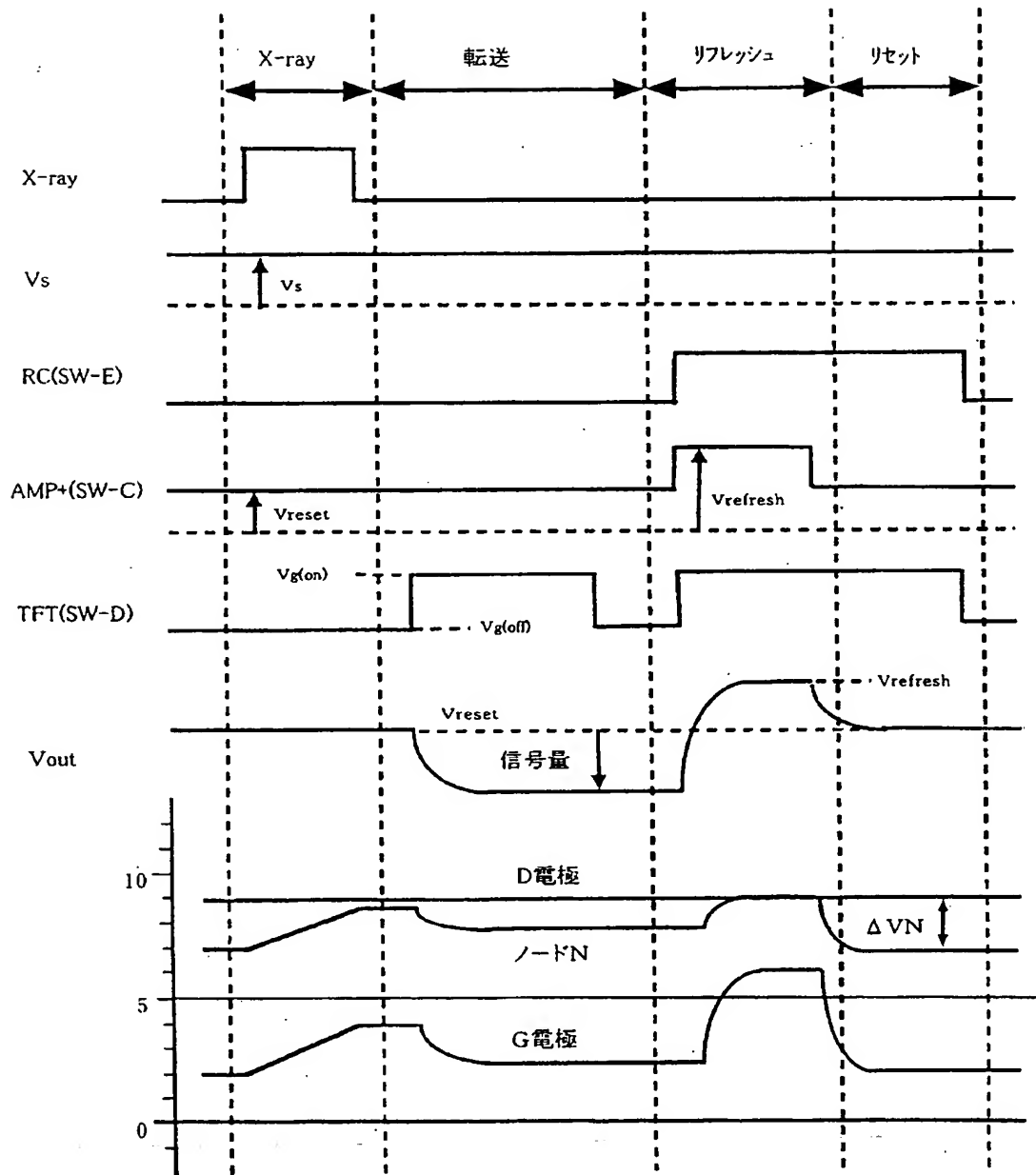
【図 11】



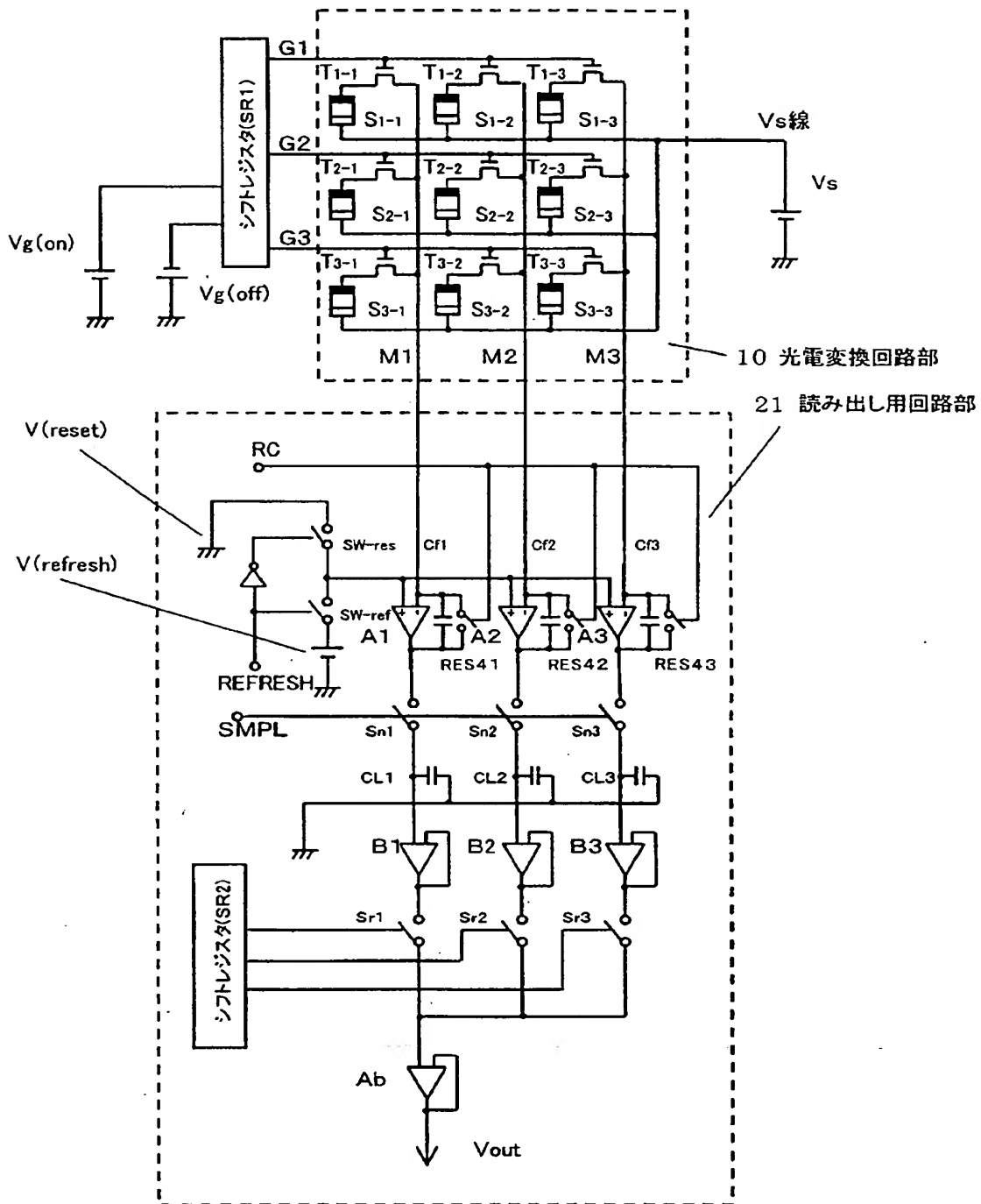
【図 12】



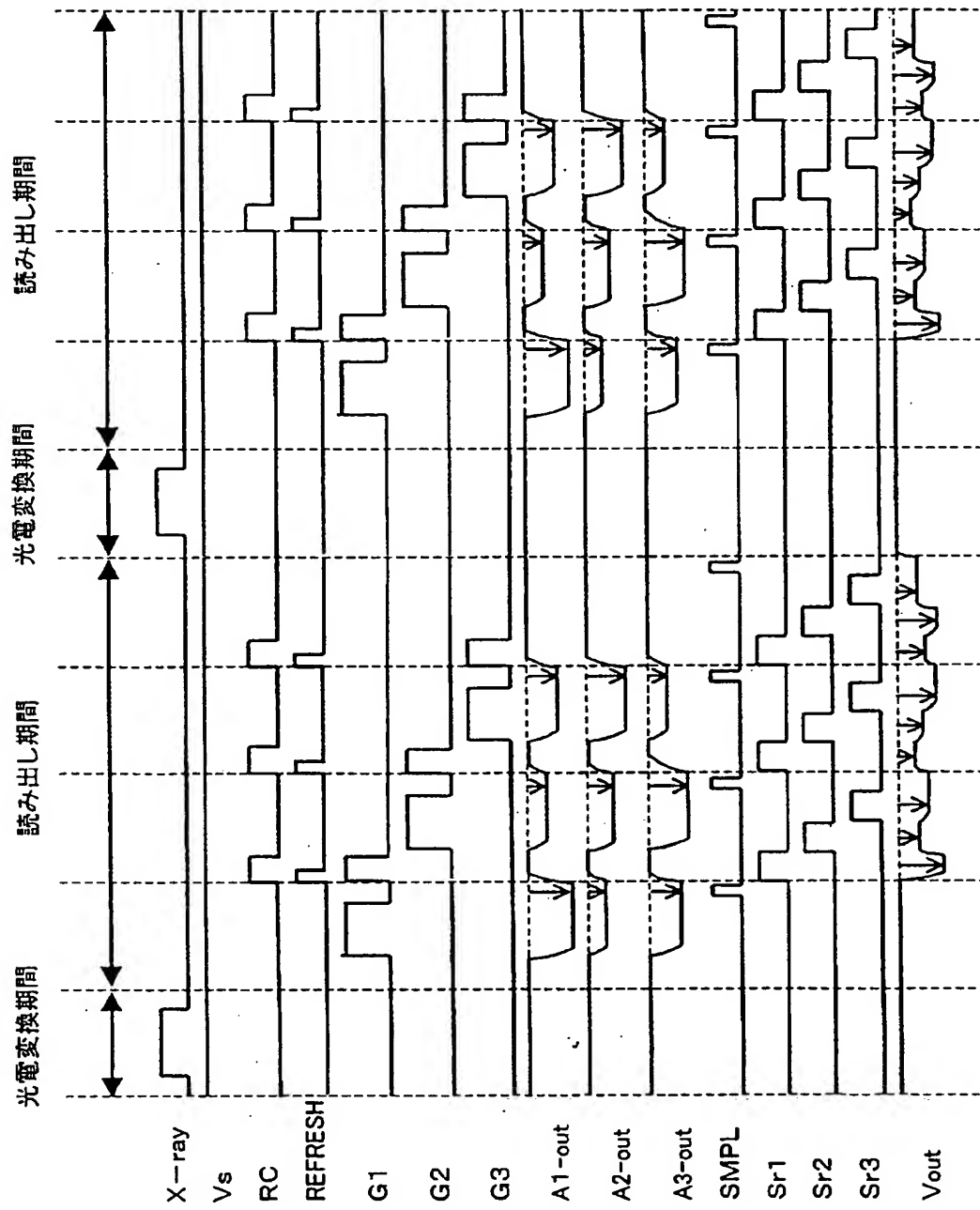
【図 13】



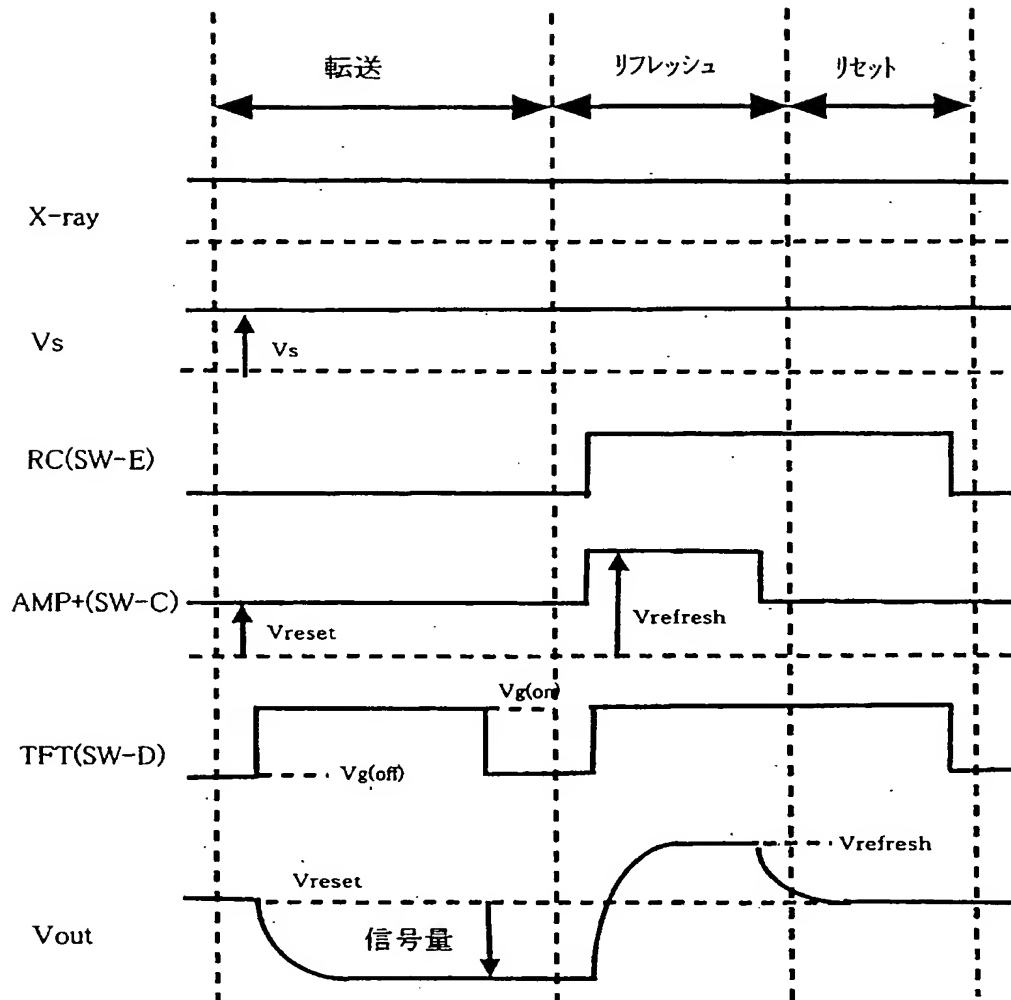
【図 14】



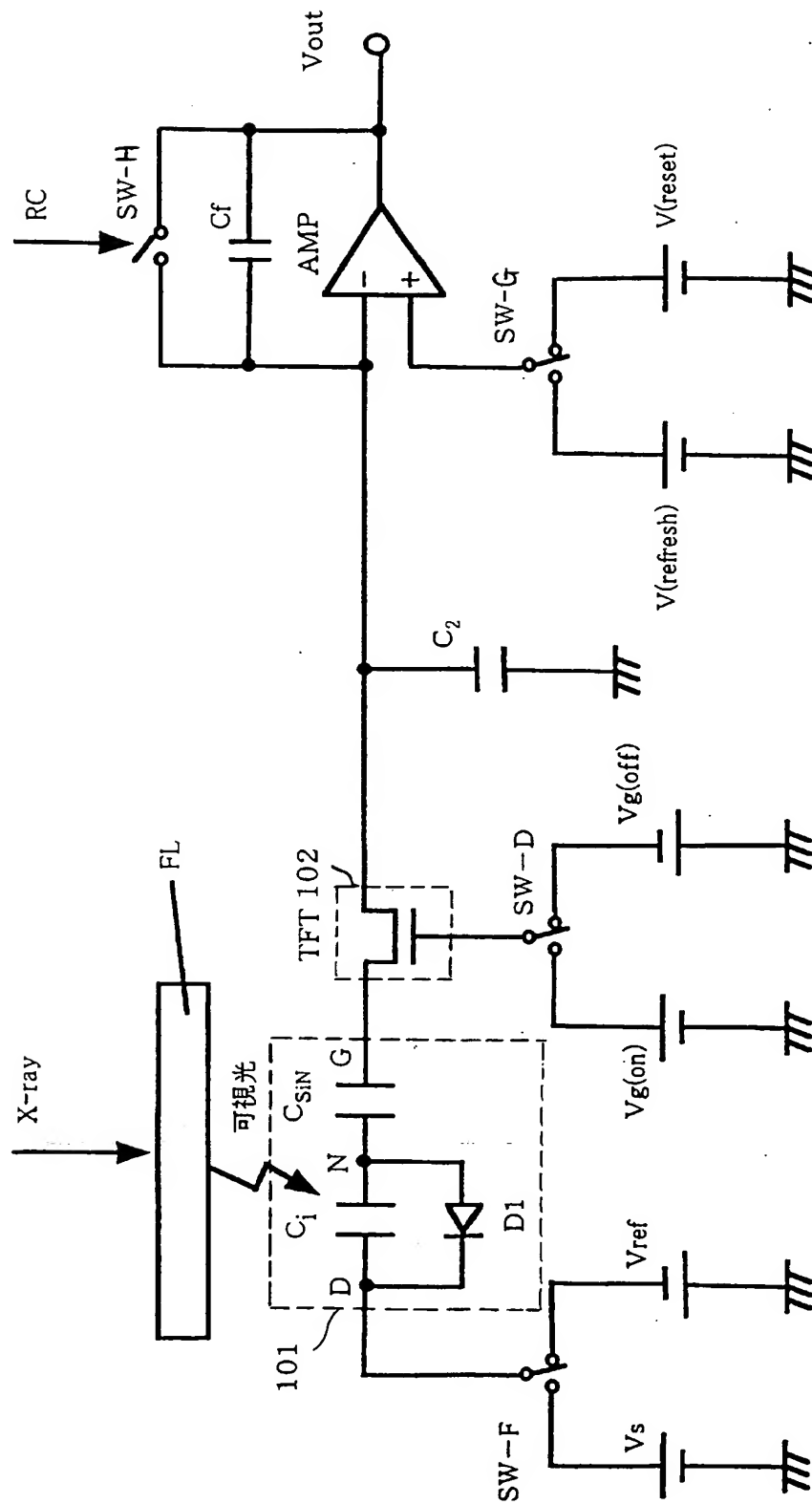
【図 15】



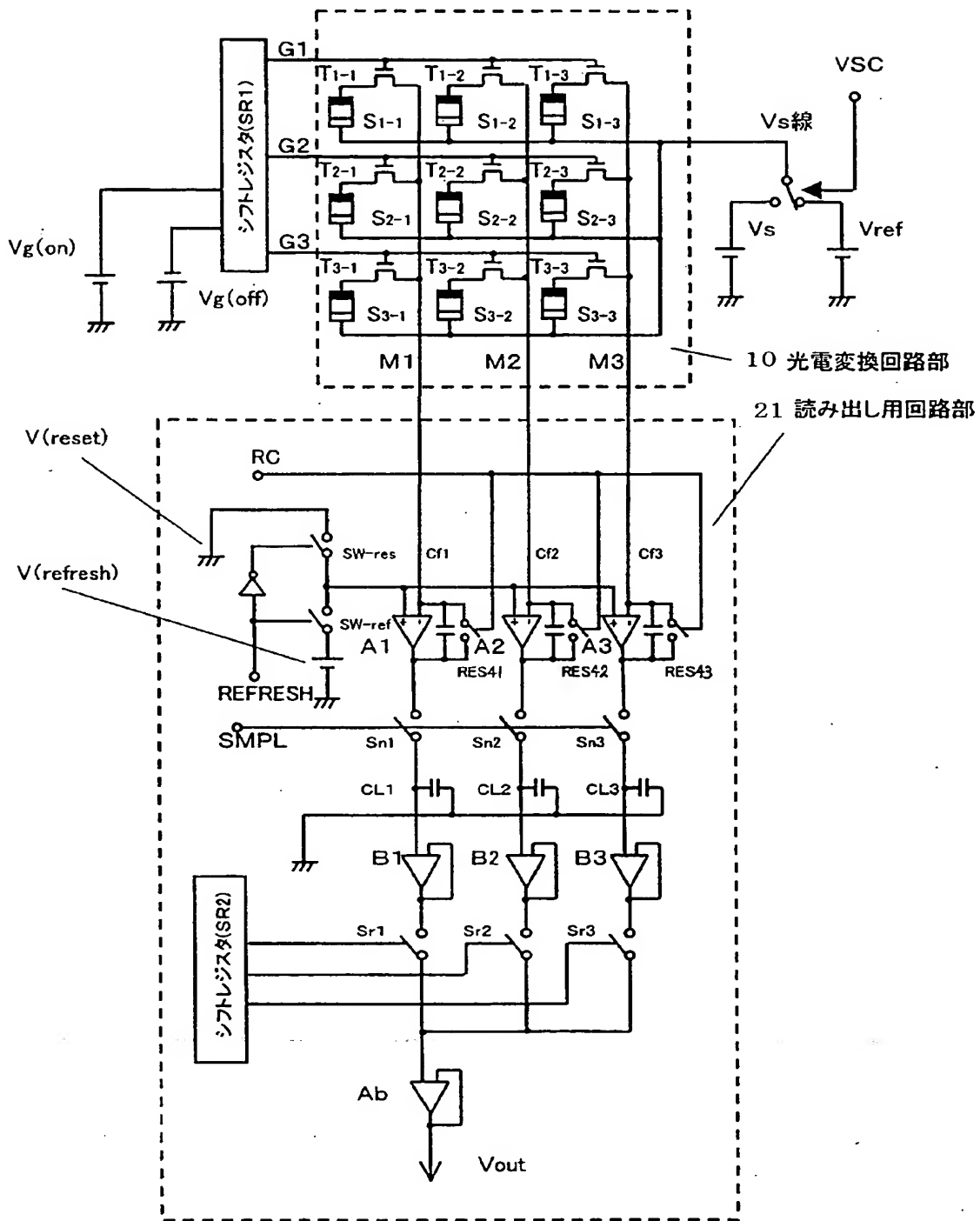
【図 16】



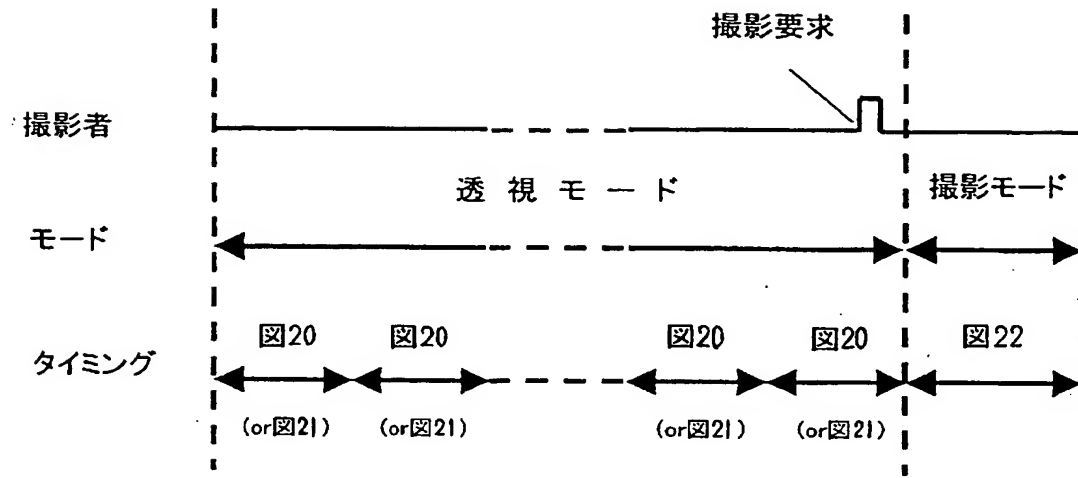
【図 17】



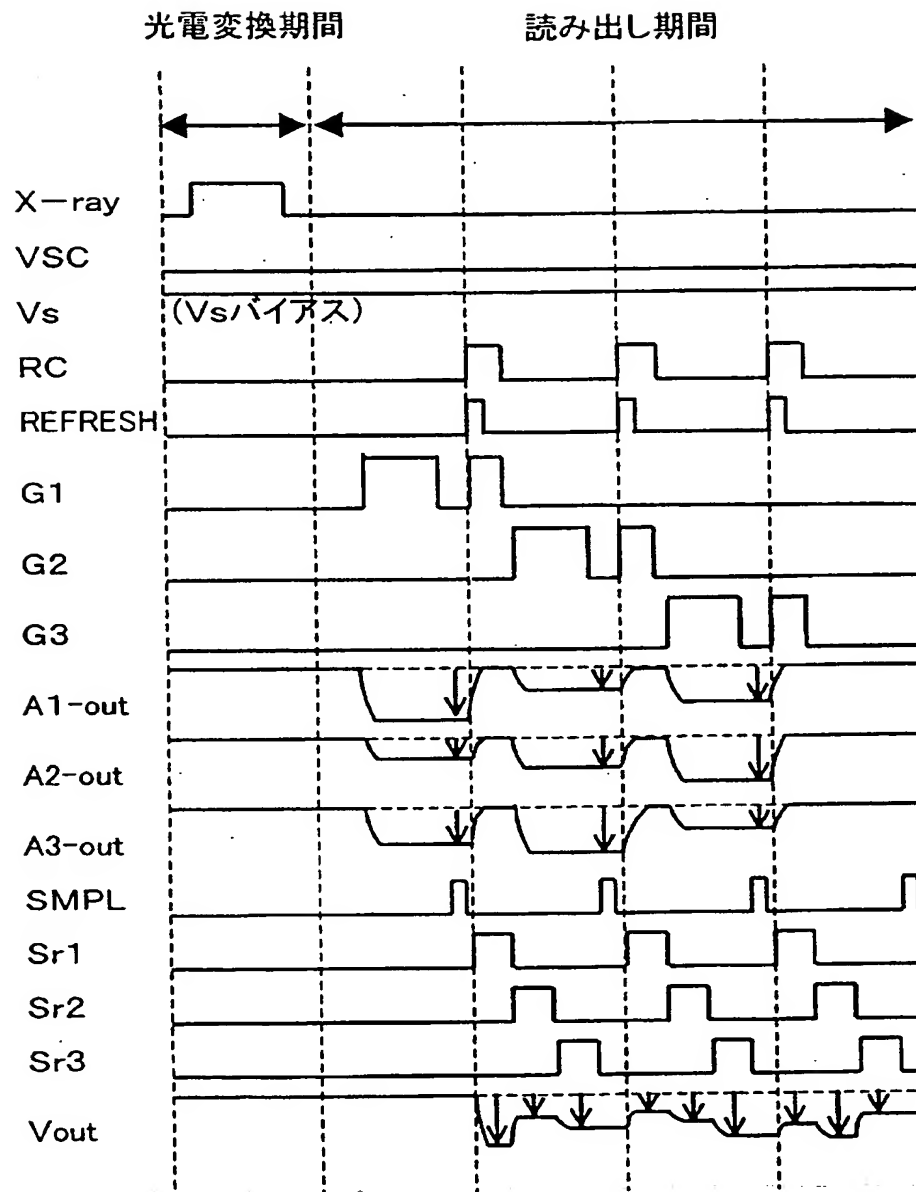
【図 18】



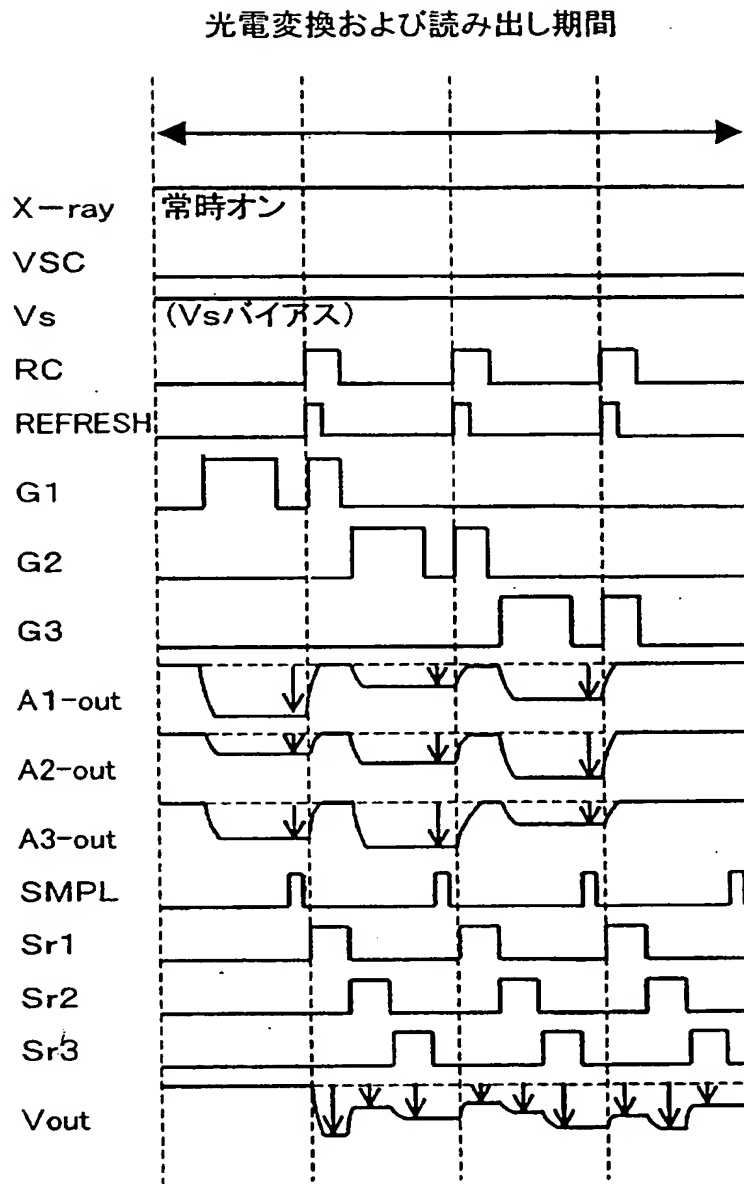
【図 19】



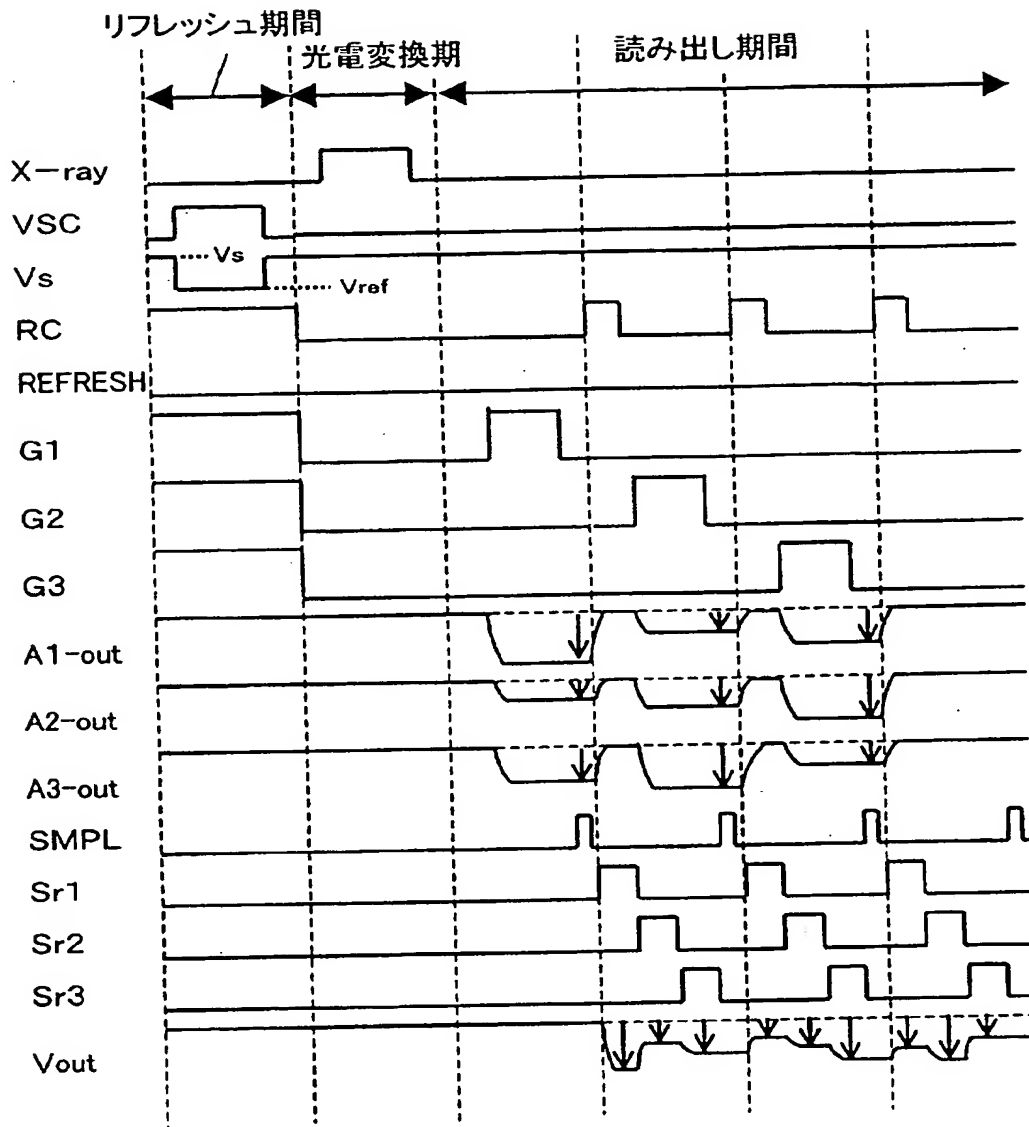
【図 20】



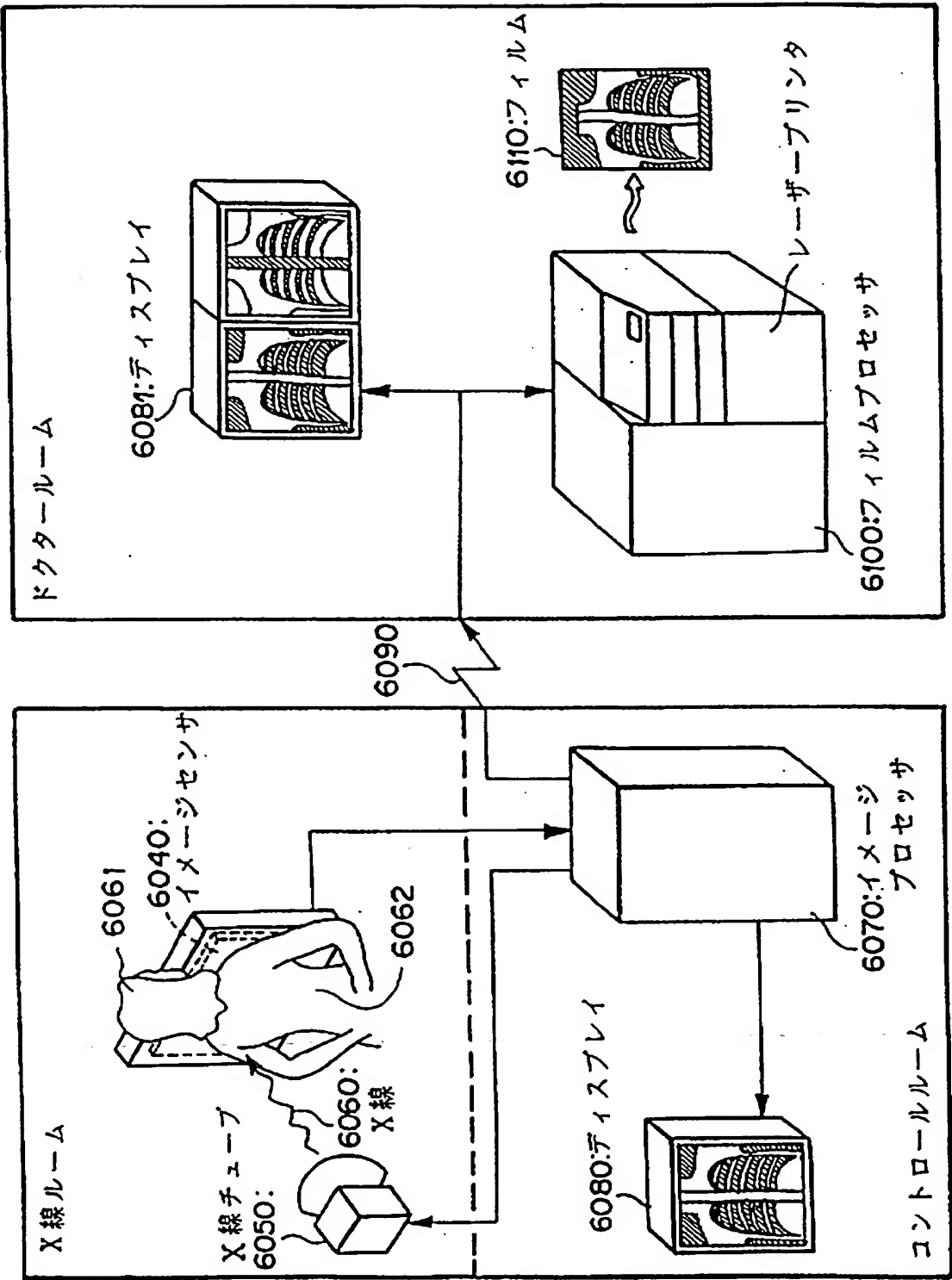
【図 21】



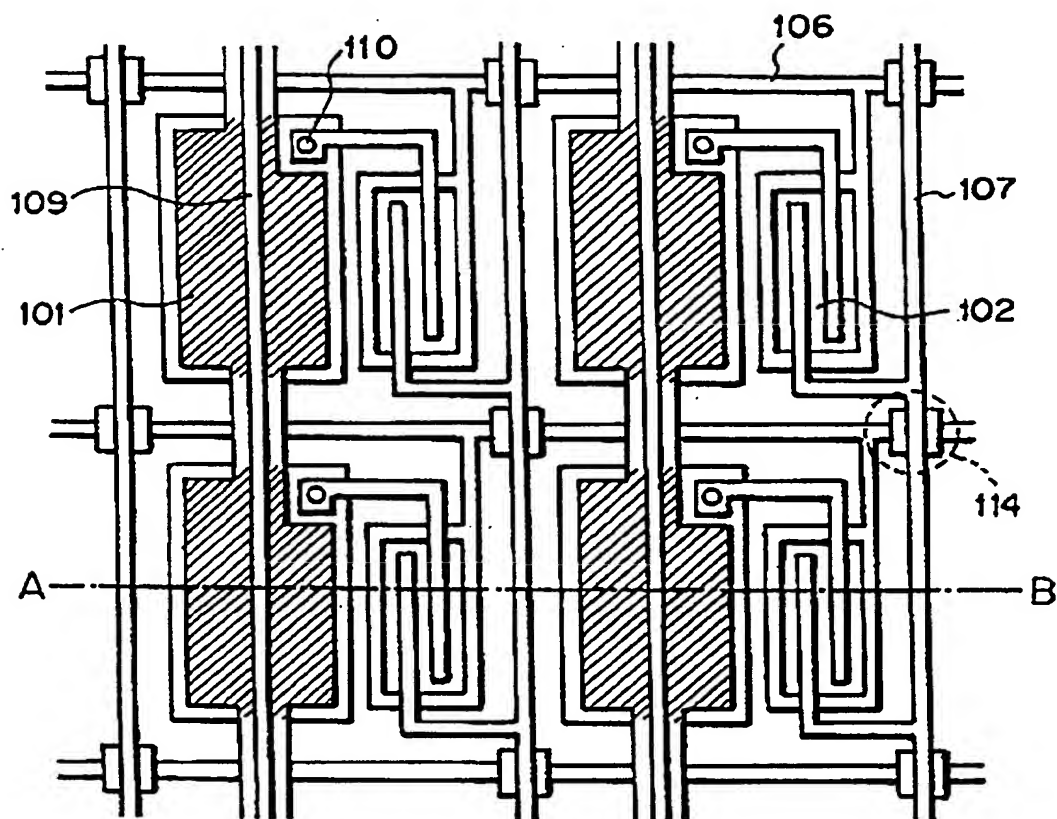
【図 22】



【図23】

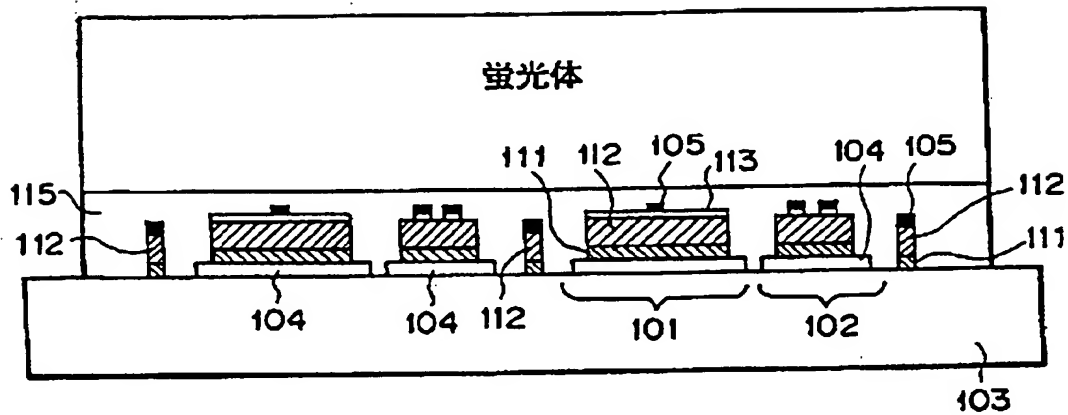


【図 24】



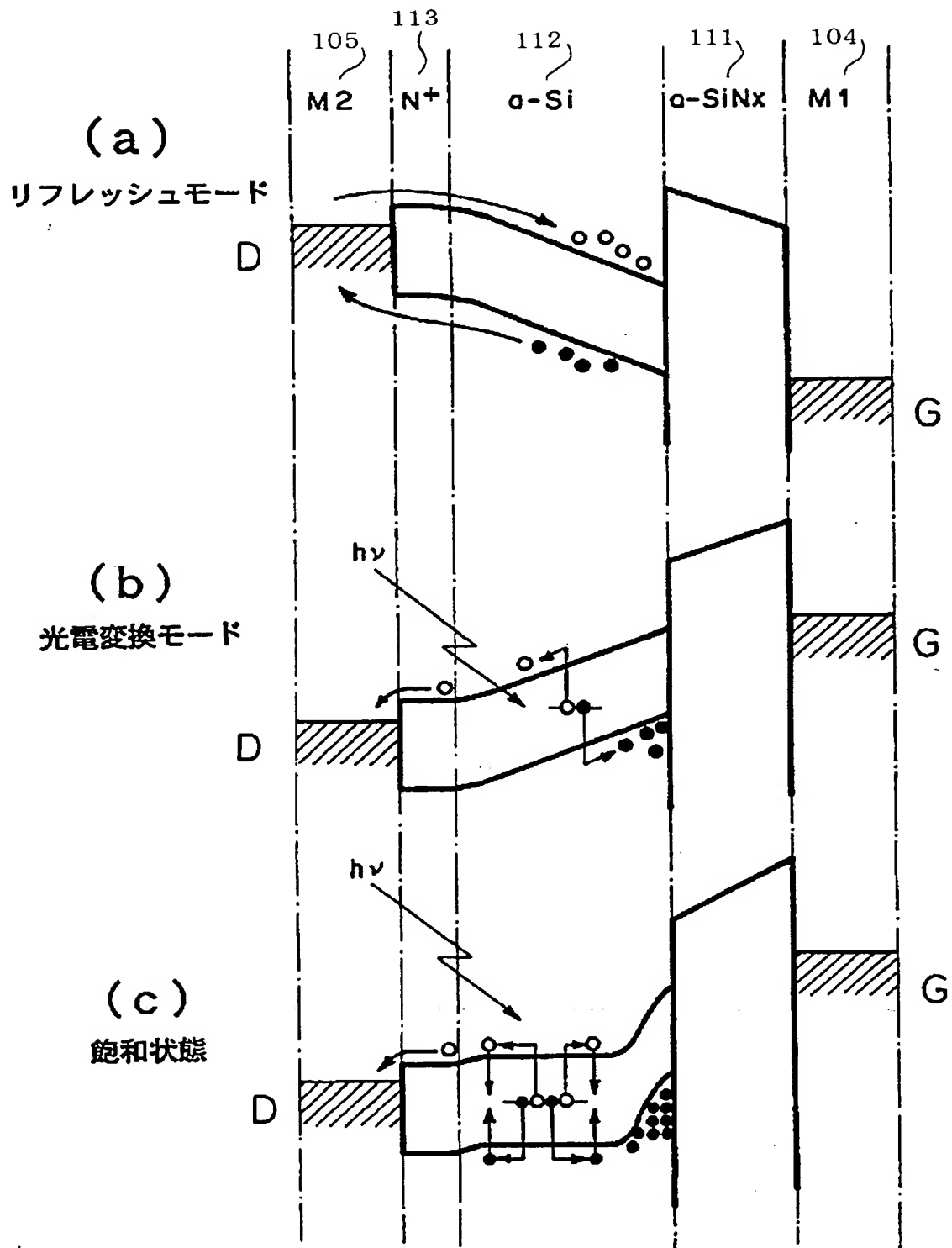
- 101 : 光電変換素子
- 102 : スイッチング素子(TFT)
- 106 : ゲート駆動用配線
- 107 : マトリクス信号配線
- 110 : コンタクトホール部
- 114 : 配線クロス部

【図 25】

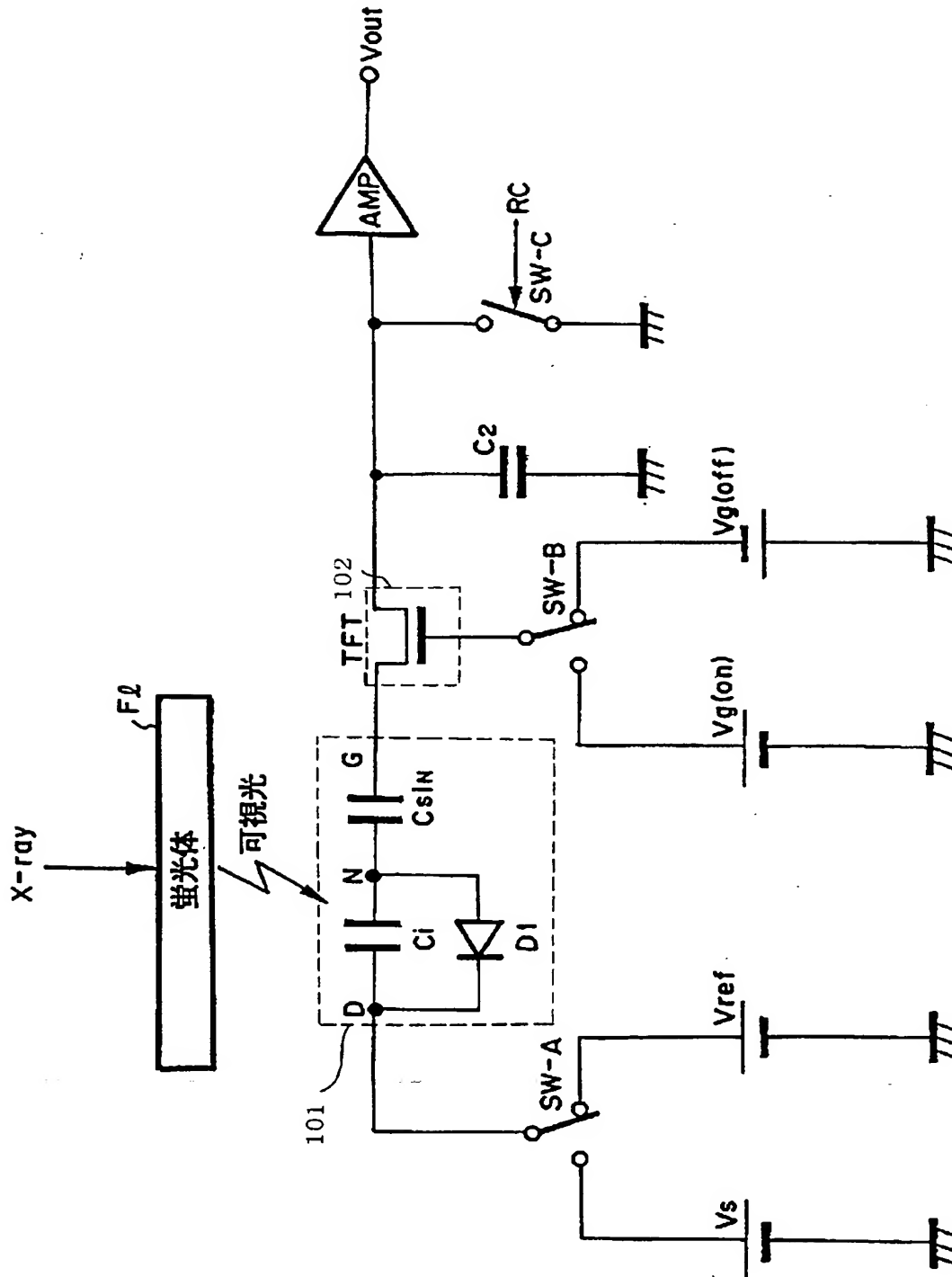


- 101 : 光電変換素子
- 102 : スイッチング素子 (TFT)
- 103 : 絶縁基板
- 104 : 第1の金属薄膜層
- 105 : 第2の金属薄膜層
- 111 : a-SiN 絶縁薄膜層
- 112 : a-Si 半導体薄膜層
- 113 : N⁺ 層
- 115 : 保護膜

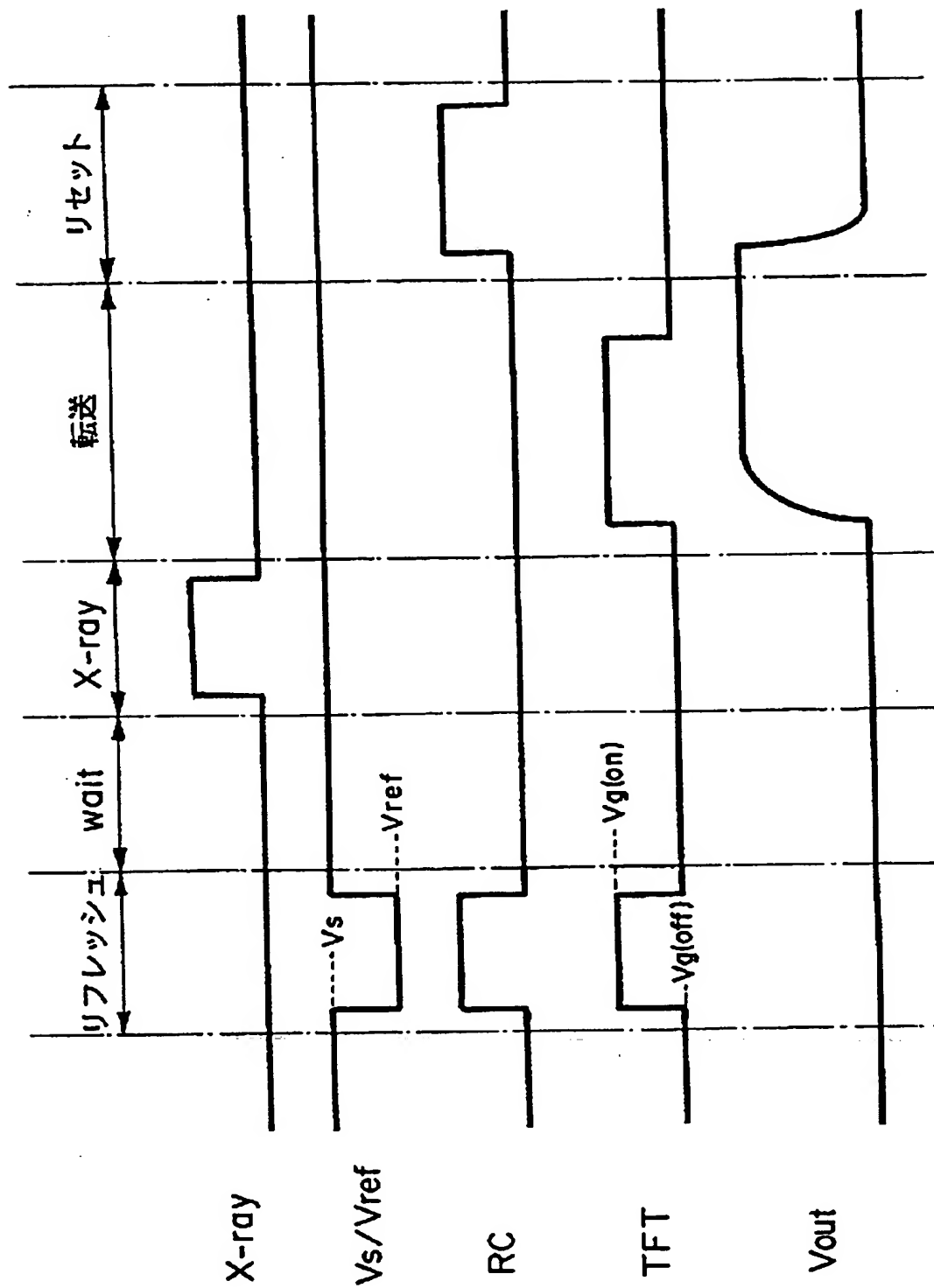
【図 26】



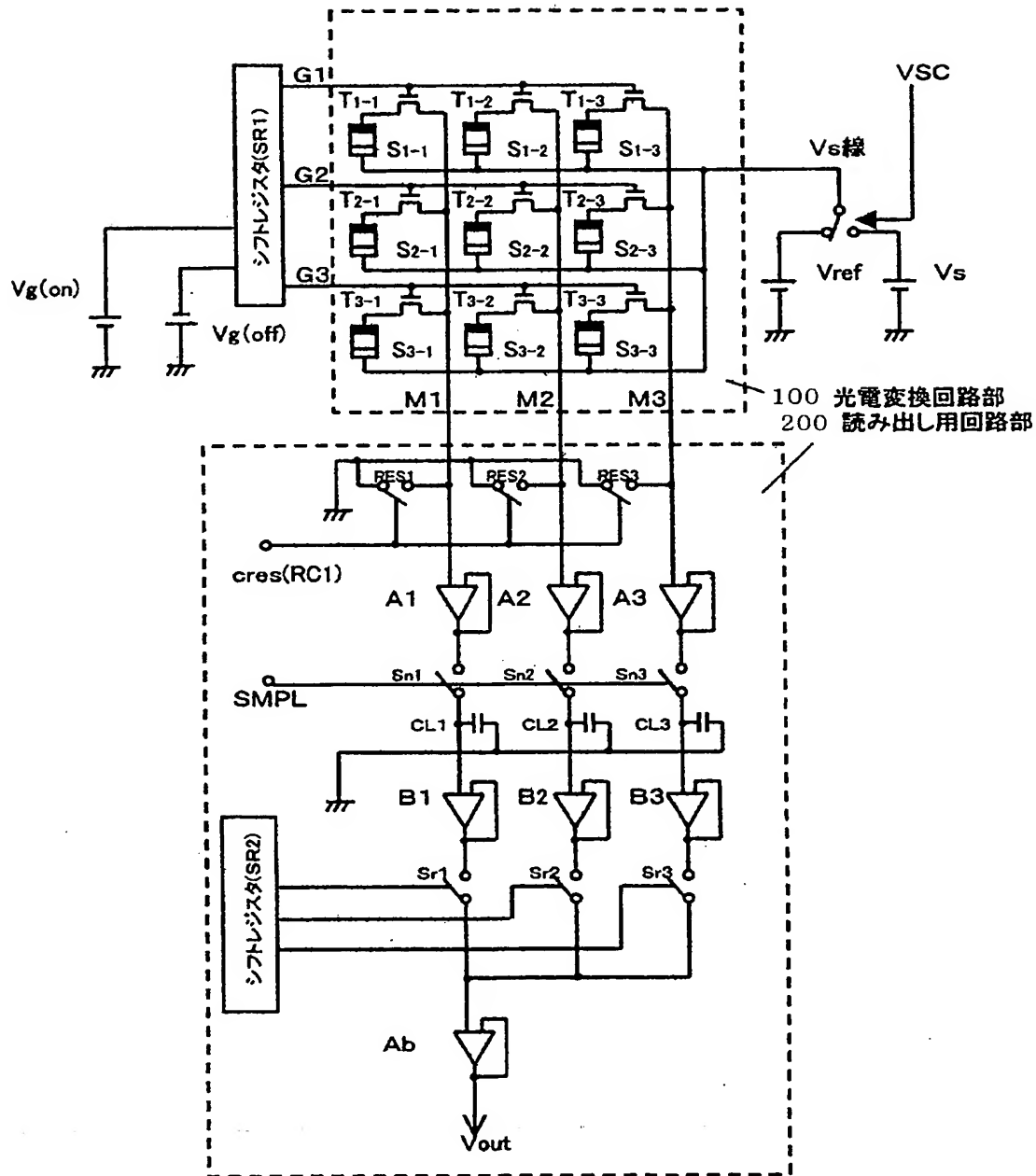
【図 27】



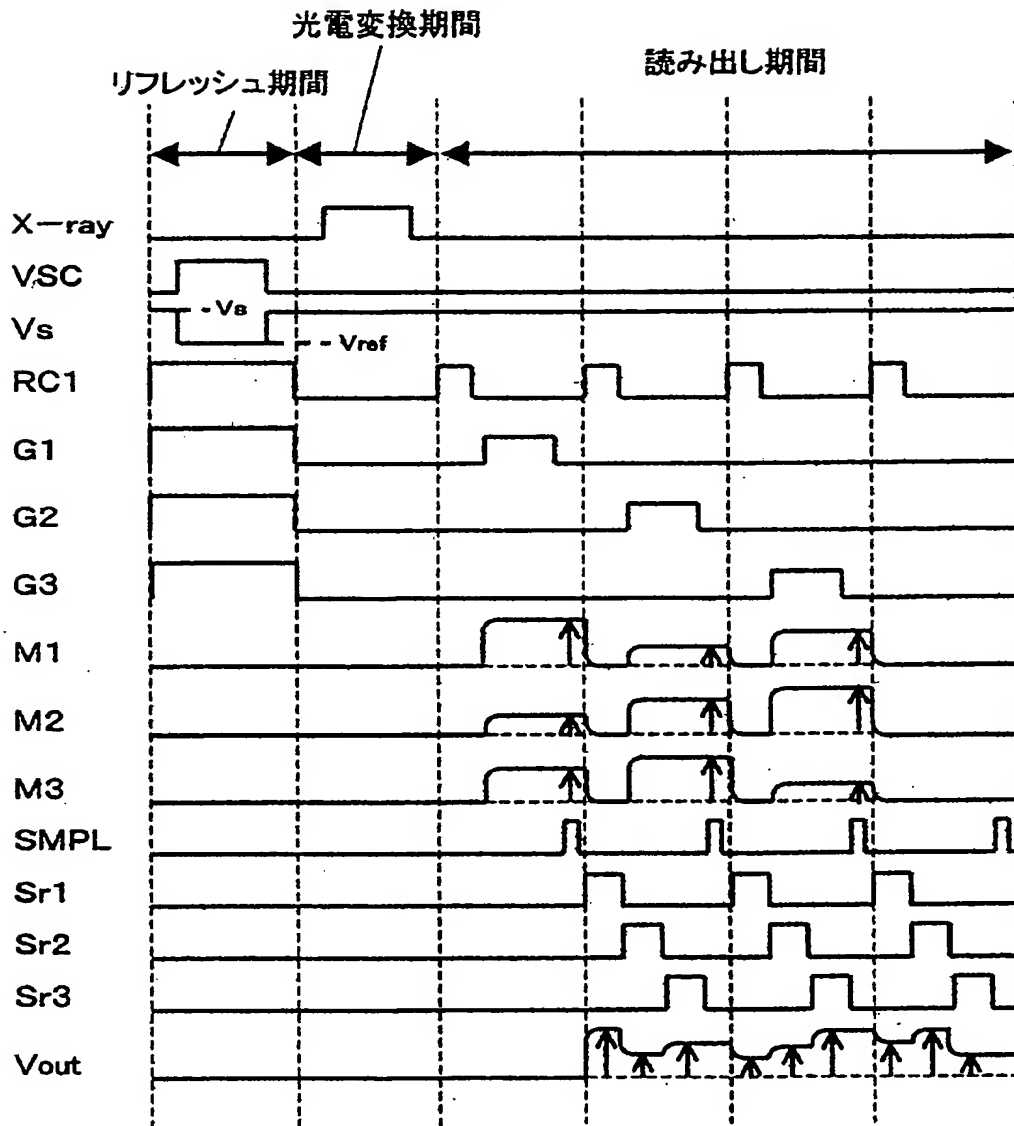
【図 28】



【图 29】



【図 30】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 GNDや電源ラインの電圧変動を抑え、かつフレーム毎の待機期間を無くして、安定かつ高速な動画撮影を行うことができる放射線撮像装置を実現することができるようにする。

【解決手段】 駆動用回路部（SR1）により1つの制御配線（G1）における変換素子（S1-1～S1-3）からの電気信号を行毎に転送して読み出した後、次の制御配線における電気信号を転送して読み出すまでの間に、その読み出しの終了した変換素子を行毎にリフレッシュを行うようにして、連続した動画像を取得するときにリフレッシュ期間を設ける必要を回避する。また、変換素子を行毎にリフレッシュすることにより、全変換素子を一括してリフレッシュを行う場合と比較してリフレッシュ時の暗電流（過渡電流）を小さし、GNDや電源ラインの電圧変動を抑えるようにする。

【選択図】 図3

特願 2 0 0 2 - 3 3 9 8 1 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 1 0 0 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号

氏 名

キャノン株式会社